

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année scolaire 1933-1934 — N° 22

LA PASTEURISATION DES LAITS DE CONSOMMATION

Car c'est à la vérité une violente
et traistresse maistresse d'escole que
la coustume.

MONTAIGNE.

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 12 Mars 1934.

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

PAR

Raymond BAUDE

Né le 18 Janvier 1912, à VERDUN-SUR-MEUSE (Meuse)



LYON

BOSC Frères, M. & L. RIOU

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

42, Quai Gailleton, 42

1934

**LA PASTEURISATION
DES LAITS DE CONSOMMATION**

LA PASTEURISATION DES LAITS DE CONSOMMATION

Car c'est à la vérité une violente
et traistresse maistresse d'escole que
la coustume.

MONTAIGNE.

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 12 Mars 1934.

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

PAR

Raymond BAUDE

Né le 18 Janvier 1912, à VERDUN-SUR-MEUSE (Meuse)



LYON

BOSC Frères, M. & L. RIOU

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

42, Quai Gailleton, 42

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ÉCOLE VÉTÉRINAIRE DE LYON

Directeur.....	M. V. BALL.
Directeur honoraire..	M. F.-X. LESBRE.
Professeurs honoraires	M. ALFRED FAURE, ancien Directeur. M. CADEAC.

PROFESSEURS

Physique et chimie médicale, Pharmacie, Toxicologie	MM. TAPERNOUX
Botanique médicale et fourragère, Zoologie médicale, Parasitologie et Maladies parasitaires....	MAROTEL
Anatomie descriptive des animaux domestiques, Tératologie, Extérieur	TAGAND
Physiologie, Thérapeutique générale, Matière médicale	JUNG
Histologie et Embryologie, Anatomie pathologique.	BALL
Pathologie médicale des Equidés et des Carnassiers, Clinique, Sémiologie et Propédeutique, Jurisprudence vétérinaire	AUGER
Pathologie chirurgicale des Equidés et des Carnassiers, Clinique, Anatomie chirurgicale, Médecine opératoire	DOUVILLE
Pathologie bovine, ovine, caprine, porcine et aviaire. Clinique, Médecine opératoire, Obstétrique....	CUNY
Pathologie générale et Microbiologie, Maladies microbiennes et police sanitaire, Clinique.....	BASSET
Hygiène et Agronomie, Zootechnie et Economie rurale	N...
Industrie et contrôle des produits d'origine animale. Inspection des denrées alimentaires et des établissements classés soumis au contrôle vétérinaire	X...

CHEFS DE TRAVAUX

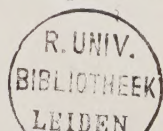
MM. COLLET, JEAN-BLAIN, VUILLAUME, PIERRE, LAMY

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

Président : M. le Dr ROCHAIX, Professeur à la Faculté de Médecine.
Chevalier de la Légion d'Honneur.

Assesseurs : M. TAPERNOUX, Professeur à l'Ecole Vétérinaire.
M. AUGER, Professeur à l'Ecole Vétérinaire.

La Faculté de Médecine et l'Ecole Vétérinaire déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation ni improbation.



A MA MÈRE, A MON PÈRE

Humble hommage de mon affection,
en témoignage de ma profonde reconnaissance,
pour tous les sacrifices qu'ils
se sont imposés pour moi.

A MA GRAND'MÈRE

Gage de mon affection.

A MON FRÈRE

Pour la tendresse qui nous unit.

MEIS ET AMICIS

A LA MÉMOIRE
DE MONSIEUR L'INSPECTEUR GÉNÉRAL CH. PORCHER

A MONSIEUR VIEILLY

A TOUS MES MAÎTRES DE L'ÉCOLE VÉTÉRINAIRE
DE LYON

A MES JUGES

MONSIEUR LE PROFESSEUR ROCHAIX

de la Faculté de Médecine

Chevalier de la Légion d'honneur

Qui nous a fait le grand honneur de
présider notre jury.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR A. TAPERNOUX

Professeur de Chimie

à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Dont les conseils bienveillants ont
aidé à la mise au point de ce travail.

Hommage respectueux.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AUGER

Professeur de Pathologie Interne

à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Qu'il trouve ici l'expression de notre
gratitude pour la sympathie qu'il nous
a toujours témoigné.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

LA PASTEURISATION DES LAITS DE CONSOMMATION

Avant-propos

Eveillé au cours de nos études aux problèmes de la question laitière, au moment même où nous faisons nos premiers pas hésitants en clientèle, nous avons compris combien le manque d'hygiène de nos étables, de nos pratiques routinières, les maladies inhérentes à nos femelles laitières et à notre personnel rendaient difficile la production d'un lait sain et quels dangers souvent présentait pour l'homme sa consommation.

Nous avons vu s'imposer peu à peu à notre esprit, pour la sécurité du consommateur, la nécessité de la pasteurisation du lait. Sans doute est-ce là une découverte tardive. Mais c'est en voyant quel rôle prépondérant pouvait jouer le vétérinaire dans la production d'un lait pur et sain que nous avons choisi ce sujet de thèse.

Ce travail n'a d'autres prétentions que de faire un simple exposé général d'une question dont chaque point a fourni la matière de nombreux ouvrages ; il n'a d'autre ambition que de montrer au vétérinaire une des branches possibles de son activité qu'il ignore ou qu'il néglige le plus souvent ; il n'a d'autre fierté

que d'être un des premiers à l'envisager en médecine vétérinaire.

Nous tenons à remercier ici M. Vieilly, vétérinaire à Grenoble, industriel laitier, à qui nous devons toutes nos connaissances pratiques sur la question du lait. Il nous a fait dans son installation un accueil affectueux paternel dont nous lui sommes profondément reconnaissant. Sa probité, sa conscience professionnelle en font pour nous un guide que nous tâcherons d'imiter.

Nos remerciements iront également à la mémoire de M. Ch. Porcher, Inspecteur général des Ecoles vétérinaires, véritable apôtre du lait en France, dont l'avis autorisé et les publications multiples ont été pour nous, dont il fut le maître, autant de sources d'informations fécondes.

Enfin, que M. Tapernoux, Professeur à l'Ecole vétérinaire de Lyon, dont l'enseignement nous a été précieux et qui nous a fait confiance pour la rédaction de ce travail trouve ici l'expression de notre reconnaissance.

Introduction

On a toujours pensé qu'au nourrisson humain convenait le lait de sa mère. Une évolution économique et surtout sociale conduit à d'autres modes d'allaitement, généralement par le lait de vache.

Le lait représente un mélange harmonieux et complet des substances utiles à la croissance de l'organisme jeune. C'est également pour l'homme l'aliment complet. Quelques équivalences, bien banales, certes, mais jamais assez répétées, feraient mieux apprécier du public toute sa valeur nutritive.

Mais si le lait constitue l'aliment exclusif de l'enfant et doit être un des aliments primordiaux de l'homme adulte, il ne faut pas ignorer qu'il cache à l'abri de son innocente couleur de graves dangers. Il est souvent, trop souvent, la cause et l'agent de transmission de nombreuses maladies graves. En effet, ces laits de la consommation courante sont le plus souvent sales et microbiens. Sales : de toutes les pollutions accumulées à la faveur des manipulations multiples du trayeur et du revendeur. Microbiens : par les germes saprophytes ou pathogènes provenant d'un contact d'origine animale ou humaine. Le lait nourrissant, aéré, chaud, constitue un milieu de culture idéal.

Notre pratique laitière explique fort bien cet état de chose : Nos laits proviennent de vaches dont l'état sanitaire n'est jamais vérifié, d'étables où les principes élémentaires d'hygiène, la technique de la mulsion sont méconnus. Dans nos dépôts de ramassage, ces laits sont encore mal traités, souillés, distribués dans des bidons douteux, manipulés par un personnel non éduqué sur l'importance de son rôle, et rarement contrôlé du point de vue médical. Comme le dit M. Porcher : « la souillure du lait par les microbes les plus divers est de tous les instants ; elle commence même avant la traite si la femelle est malade, elle se continue après la sortie de la glande... ».

Les mesures coercitives qui permettraient de considérer ces laits comme impropres à la consommation humaine ne peuvent intervenir en l'état actuel de notre législation. Le consommateur n'a donc aucune garantie.

La plupart des grands pays : Italie, Allemagne, Danemark, en appliquant de sévères réglementations à l'inspection du lait, nous ont indiqué le remède. C'est une inspection hygiénique des laits qu'il faut imposer aux fournisseurs. Cette inspection doit comprendre un contrôle hygiénique des étables, un contrôle hygiénique du lait à la consommation, mettant en œuvre des moyens physiques, chimiques, biologiques, bactériologiques. Or, en France, rien n'est prévu pratiquement en dehors du contrôle chimique qu'envisage la loi du 1^{er} août 1905 sur la répression des fraudes. A aucun moment le côté salubrité n'est envisagé. Précisons cependant qu'une circulaire mi-

nistérielle du 15 mars 1927 a permis de créer un contrôle officiel, mais facultatif, auquel les producteurs de lait peuvent se soumettre.

En fait, les résultats obtenus dans les pays étrangers ont montré que ces contrôles abusent souvent le public en se donnant comme doués d'un pouvoir très supérieur à la réalité. Nous n'en voulons pour preuve que la teneur bactérienne et mycélienne de certains laits dits hygiéniques, ainsi que les observations défavorables de M. Nevot, Chef du Laboratoire du lait aux Halles centrales de Paris sur des laits produits à l'abri de la circulaire ministérielle citée.

En France, tout au moins, mis à part l'emploi restreint de quelques laits certifiés, nous consommons presque toujours un lait courant quelconque dépourvu de toutes garanties. Si notre devoir est de faire consommer un lait cru, pur et sain, il n'est plus permis de laisser ignorer combien est difficile sa production, combien dangereuse souvent sa consommation. C'est pourquoi l'hygiène, pour assainir son lait de consommation courante, a eu recours à l'action d'une chaleur réglée. A l'heure actuelle, la nécessité de la pasteurisation s'impose.

Mais si naguère encore la pasteurisation méritait le qualificatif de « mal nécessaire » et prêtait aux critiques de ces nombreux détracteurs, aujourd'hui les progrès techniques réalisés dans divers procédés permettent de livrer un lait dont la flore pathogène est détruite complètement et dont la structure a été respectée. Dans ces conditions, la pasteurisation fournit un lait qui ressemble étrangement à un lait cru provenant de bêtes saines.

Est-ce à dire que la pasteurisation doive être un moyen exclusif ? Non pas. Une hygiène faite de précautions minutieuses, de soins constants, doit l'aider, soumise aux contrôles officiels chargés de surveiller le lait depuis la traite jusqu'au consommateur. Comme le publie *The Western Dietitan*, « La pasteurisation ne rend pas bon un mauvais lait et n'améliore pas du lait de qualité médiocre ; elle ne rend pas propre un lait sale, mais elle fait du lait propre un lait sans danger ». Hygiène, contrôles, pasteurisations ne doivent pas s'opposer, comme on l'a vu trop souvent, mais s'allier et s'aider pour offrir au consommateur de lait sa parfaite sécurité.

C'est à ce propos qu'intervient le rôle du vétérinaire. Sa formation actuelle, vue l'orientation nouvelle de sa profession, en fait un hygiéniste autant qu'un praticien. Grâce aux cours sur le lait officiellement institués dans les Ecoles vétérinaires sous la pression de M. Porcher, l'hygiéniste a l'esprit ouvert à toutes les difficultés de la question laitière. Le praticien, lui, par sa liaison constante avec les étables, est tout à la fois un conseiller technique auprès du producteur et un contrôleur tenant sous son inspection étables et animaux.

Le vétérinaire ferait déjà là œuvre utile, il peut faire mieux encore. Il peut diriger lui-même une installation de pasteurisation et surveiller un traitement vraiment rationnel du lait. Il peut enfin, dans son organisation commerciale ou dans une organisation municipale, pratiquer un contrôle hygiénique du lait à la consommation. Il suit donc pratiquement son lait

de l'étable au consommateur. L'absence de législation de laboratoires rend, en France, les contrôles laitiers à peu près inexistantes : le praticien devenu industriel les réalise, lui, d'une façon effective.

Je n'en veux pour exemple que celui de mon maître et ami, M. Vieilly, Vétérinaire à Grenoble, qui centralise le lait recueilli dans sa clientèle, le pasteurise, pour en approvisionner la ville.

M. Porcher disait, dans son discours d'inauguration de la chaire du lait à l'Ecole vétérinaire de Lyon : « La question laitière revient au vétérinaire au même titre que l'inspection des viandes ». Nous venons d'en donner une preuve. Nous serions heureux que cette thèse de doctorat-vétérinaire en fut une autre.

Historique

La pasteurisation, il faut bien le dire, n'est pas née d'un besoin d'hygiène. Elle ne fut à l'origine qu'un artifice industriel des entreprises laitières. Longtemps le citadin fut approvisionné en lait par les étables de rues, locaux infectés où un bétail mal soigné, nourri de résidus et d'eaux grasses, fournissait un lait sale et microbien à souhait. L'urbanisme aidant, les troupeaux s'installèrent dans la banlieue, d'où les fermiers, au trot lent de leur carriole, apportèrent à la ville leurs bidons quotidiens. Ancêtres pauvres de nos nourrisseurs actuels. Il s'agissait-là d'un petit commerce.

Cependant, dans certains pays étrangers, ce commerce du lait était accaparé par de grosses entreprises. C'est en Ecosse, à Glasgow, qu'on fit, en 1809, la première tentative de ce genre, elle ne tarda d'ailleurs pas à périr. L'idée fut reprise, avec succès cette fois, à Hambourg en 1863, à Londres en 1866, puis à Vienne et à Berlin en 1881. Il importait alors à l'industriel de sauvegarder avant tout sa matière première en lui assurant son aspect liquide jusqu'à l'arrivée chez le consommateur. Il trouvait dans l'emploi de la chaleur un moyen facile de détruire la flore banale, la flore lactique acidifiante, dont le développement provoquait justement le caillage du lait. On pensa donc

à appliquer au lait la technique préconisée par Pasteur, adoptée par la pratique pour le traitement des maladies du vin et de la bière. Mais du moment que ces entreprises laitières alimentaient les grandes villes, les hygiénistes et les pouvoirs publics s'occupèrent alors de la salubrité du produit vendu.

Le premier procédé de pasteurisation utilisé dans les centres de ramassage fut une sorte de grand bain-marie, en forme de coffre rectangulaire, en forte tôle, partagé horizontalement en deux parties inégales par une plaque du même métal. Dans le compartiment inférieur se trouvait le foyer et au-dessus une couche d'eau de 20 à 25 centimètres. Le lait était distribué dans de grands récipients cylindriques, les « topettes », comme on les nommait ; les topettes étaient ensuite immergées dans l'eau très chaude du bain-marie ; lorsque le lait avait atteint la température de 95° on l'y maintenait encore de dix à quinze minutes à cette température. Le lait était après refroidi dans les pots usuels, dans lesquels il était transvasé. On immergeait alors ces pots dans de l'eau fraîche, si possible courante, et on les y laissait jusqu'au moment de l'expédition. Ce système n'a pas encore tout à fait disparu dans certains centres de ramassage. Il importe de proscrire complètement un tel procédé, dont l'action inefficace porte un lourd préjudice à la réputation du lait dit pasteurisé.

Les premiers pasteurisateurs firent leur apparition tout au début de l'ère pastorienne. En Allemagne, un peu avant 1884, nous trouvons l'appareil de Thiel, dans lequel le lait était porté rapidement entre 75°-85°

en le faisant couler sur une surface métallique ondulée chauffée par l'intérieur : le lait était ensuite refroidi brusquement à 10°-12° par un réfrigérant rempli de glace. Von Geuns trouva que dans ces conditions l'appareil de Thiel faisait tomber le nombre des microbes du lait cru de 2.500.000 par centimètre cube à moins de 10.000.

Les résultats qu'en obtint le professeur Soxhlet, de Munich, furent moins bons et surtout très irréguliers à cet égard de l'action du chauffage sur les microbes. Il ne tarda pas ainsi à abandonner cette pratique et à mettre au point à sa place le système de chauffage en bouteille du lait au bain-marie, particulièrement pour le lait destiné à la consommation des enfants.

Presque à la même époque entra en fonctions dans les laiteries du Danemark un appareil capable, comme l'appareil de Thiel, de chauffer le lait en circulation continue. Cet appareil, construit par Fjord, est le vrai prototype des pasteurisateurs actuels, tous calqués plus ou moins sur le même principe. Schématiquement, l'appareil Fjord est un vase en cuivre étamé, cylindrique ou simplement un peu élargi en cône vers le haut. Le lait y est introduit par le bas et sort, d'une façon continue, par une ouverture latérale pratiquée d'un côté, tout en haut. Ce vase est entouré, à une certaine distance, par un autre récipient en tôle forte ; dans l'espace compris entre ces deux récipients circule la vapeur destinée à chauffer le lait.

Un agitateur placé dans l'axe du récipient central tourne sans cesse pour assurer une bonne et rapide

répartition de la chaleur. Ce fut ce procédé, encore appelé procédé Danois, qui vulgarisa l'emploi de la pasteurisation. Mais, peu à peu, sous la pression des hygiénistes, la pasteurisation industrielle, moyen pratique, s'est perfectionnée, pour donner, avec ses techniques modernes, un lait sain et intact.

L'industrie a trouvé tout d'abord dans la pasteurisation le moyen de se garder des acidifications désastreuses : l'hygiéniste de se défendre contre une flore pathogène en respectant la structure intime du lait et en lui conservant son entière valeur alimentaire.

Définition et but de la pasteurisation

Précisons, avant de donner une définition, que les pasteurisations dites électriques reviennent à de simples pasteurisations thermiques (chaleur engendrée par le passage du courant), les seules envisagées ici.

Nous emprunterons la large et complète définition que donne M. Porcher de la pasteurisation :

« Pasteuriser le lait, c'est détruire en lui, par l'emploi convenable de la chaleur, la presque totalité de sa flore banale, la totalité de sa flore pathogène quand elle existe, tout en s'efforçant de ne toucher qu'au minimum à la structure physique du lait, à ce que nous avons appelé sa constitution, à ses équilibres chimiques, ainsi qu'à ses éléments biochimiques, diastases et vitamines. »

Sans nous arrêter aux précisions des données thermiques du temps essentiel de l'opération, que nous envisagerons dans un chapitre spécial, remarquons quelles exigences on demande à la pasteurisation. Les progrès constants de la technique des nouveaux appareils construits ont permis à l'hygiéniste d'exiger peu à peu ce que commande l'hygiène publique : un bon lait sain et propre. Ces exigences sont de trois ordres hygiéniques, physiques et chimiques, enfin diététiques.

En effet, le lait est un liquide extrêmement contaminable et l'insouciance avec laquelle on le boit, même lorsqu'il est profondément altéré, est due à son opalescence qui voile sa teneur en microbes. Microbes de la bête malade, de l'air vicié des étables, des manipulations malpropres, du personnel malade, des récipients sceptiques.

On peut distinguer parmi ces germes multiples trois groupes. Le premier comprend les ferments, qui modifient le lait sans le rendre dangereux : ce sont les ferments lactiques qui font tourner le lait, les seuls visés par la pasteurisation à ses débuts. Le second groupe comprend les bactéries qui causent les maladies du lait : tel le lait mauvais et répugnant (ferments protéolytiques, tyrothrix), le lait bleu (*B. cyanogènes*), le lait rouge (*B. lactorubefaciens*), etc...

Un troisième groupe plus important comprend : 1° les espèces microbiennes dites banales, que l'on trouve dans le lait en tout temps et qui sont souvent encore considérées à tort comme inoffensives ; 2° les microbes dangereux pour l'adulte et surtout l'enfant, à l'origine des infections typhiques, streptococciques, dysentériques, tuberculeuses.

Nous demandons à la pasteurisation une destruction totale de cette flore pathogène.

Mais les connaissances actuelles des facteurs biochimiques, vitamines et diastases surtout, leur intervention indispensable dans les phénomènes intimes de la nutrition ont amené l'hygiéniste à demander aux techniciens de régler l'action de la chaleur pour conserver au lait ses propriétés organo-leptiques et nutri-

tives. « On a cherché à rendre cette chaleur plus douce dans son action, mais tout aussi efficace dans ses résultats. Ce faisant, la structure du lait, si profondément touchée dans les premières pasteurisations, a été davantage respectée. » (Porcher.)

Au besoin de l'hygiéniste, une technologie sans cesse perfectionnée a su répondre par des appareils nouveaux. Les dures exigences de la pasteurisation semblent être remplies par le procédé de la couche réellement mince de Stassano. Enfin, du seul point de vue commercial, la pasteurisation enlève à l'industrie laitière une grosse préoccupation. Les grandes quantités de lait de consommation courante nécessaires à l'approvisionnement des grandes villes, les variations imprévisibles des commandes obligent l'industriel à conserver quelquefois le lait pendant un court délai. La pasteurisation le lui permet sans dommage, sans acidifications désastreuses. Mieux encore, elle permet, sous réserve de certaines précautions (réfrigération), de longs transports que nécessitent l'industrie laitière moderne.

Ce sont là autant de preuves en faveur de la pasteurisation si le large emploi qu'en fait le monde entier n'avait déjà démontré la valeur et l'innocuité de l'opération, ainsi que les immenses services qu'elle rend à la santé publique.

On ne peut que s'étonner de ne pas voir encore instituée la pasteurisation obligatoire, qui appartiendrait, au consommateur, la garantie d'un lait sain, à l'industriel, moyennant un sacrifice pécuniaire évident, des avantages incontestables.

Les temps de la pasteurisation

Certes, l'opération essentielle de la pasteurisation, celle qui lui vaut son nom, est le chauffage du lait. Mais cette action bactéricide de la chaleur, quelque efficace qu'elle soit, ne saurait suffire. Ce fut là, d'ailleurs, l'erreur des premières installations de pasteurisation, qui valut au procédé un certain discrédit : ses détracteurs en montrèrent alors l'inutilité, l'absence de résultats et même les dangers.

La pasteurisation est un tout. Le chauffage du lait est le point capital, mais il doit être « précédé et suivi de soins qui, absents ou insuffisants, lui enlèvent toute signification et toute valeur ». (Porcher.)

Envisageons, pour mieux en comprendre l'utilité, les temps successifs d'une pasteurisation rationnelle : elle doit comprendre le choix, puis la filtration, puis le chauffage, enfin la réfrigération et la mise en bouteilles du lait.

Nous distinguerons trois groupes d'opérations :

- 1° Avant le chauffage.
- 2° Le chauffage.
- 3° Après le chauffage.

A. — Avant le chauffage

La pasteurisation, devenue une opération de la grande industrie, travaille sur les laits de grands mélanges, produits des ramassages les plus divers. Il se glisse trop souvent dans leur masse des laits anormaux ou malades qui suffisent à infecter tout le mélange. Il est donc de première nécessité pour l'industriel de *choisir son lait*. Ce choix, avant d'être une simple sélection des laits, doit s'entourer des soins exigés à la traite et au ramassage. Enfin, l'industriel, après avoir choisi, doit encore *filtrer son lait*, afin d'en éliminer les impuretés multiples accumulées au cours des premières manipulations.

Choisir son lait

Le lait de ramassage idéal est celui dont la production a été entourée de soins particuliers portant sur l'animal, son logement, sa traite. Sans nous arrêter à la nécessité d'un bon état de santé et d'une alimentation rationnelle du bétail, qui ne peuvent être assurés que par un contrôle technique, remarquons les pitoyables conditions de la traite en France. « Notre lait, sous-produit du fumier », a-t-on dit. Nos étables

sont trop souvent d'immondes locaux où, dans un air vicié, un bétail malpropre croupit dans son purin, qui souille mamelles, récipients et trayeurs qui, pourtant, n'en avaient pas besoin. La pollution du lait est, dans ces conditions, trop facile. L'industriel et le vétérinaire se doivent de changer cet état de choses, dans l'intérêt même du producteur, en lui montrant ce que l'hygiène commande, ce qui est réalisé depuis longtemps dans les pays étrangers.

Au Danemark, par exemple, le bétail subit avant sa traite une toilette complète et quotidienne ; après quoi il est introduit dans une salle spéciale annexée à l'étable : la « salle de traite ». Là, la mamelle, après avoir été lavée, rincée, essuyée, est confiée aux mains expertes de femmes qui pratiquent la traite et dont les sarreaux et bonnets blancs, les mains aseptisées, les seaux brillants de propreté, donnent à l'ensemble une allure de clinique qui nous étonne. Comme nous sommes loin du fermier qui, saisissant au hasard le seau qui traîne, s'en vient à la hâte, les mains pleines de sa terre, pratiquer dans la saleté sa dernière traite. La technique proprement dite n'est en rien inférieure : les premiers jets de lait, souvent microbiens, sont recueillis dans un seau spécial : si ces premières gouttes sont altérées, la traite est faite dans un seau spécial et quelquefois même dans une salle particulière ; jamais ce lait n'est mélangé au reste. Le lait recueilli, passé sur un filtre pour arrêter les impuretés grossières, est alors placé dans un grand récipient, à l'abri de toute souillure et transporté à la chambre de conservation où il est refroidi, par immersion dans l'eau

fraîche, par des réfrigérants à circulation d'eau ou à la glace, ou mieux encore par des appareils frigorifiques. Cette réfrigération a pour but d'empêcher le développement des bactéries et permet d'attendre le premier ramassage.

Voilà l'exemple. Il appartient aux vétérinaires d'user de toute leur pression, soit comme Inspecteurs d'hygiène, soit comme Conseillers naturels du producteur, pour inculquer aux fermiers français ces principes : ses suggestions, ses conseils ou ses contrôles amèneront une amélioration progressive.

Une bonne traite ne suffit pas : une grave question se pose pour les ramassages. Le lait doit être envoyé au pasteurisateur le plus tôt possible. Il importe en effet d'éviter toutes souillures, toutes pullulations microbiennes, de permettre au lait de garder toutes ses propriétés bactéricides du début. Le refroidissement n'y parvient qu'incomplètement. Il ne faut pas non plus mélanger le lait de trois traites différentes. Pour toutes ces raisons il faut que l'industriel fasse, par jour, deux ramassages et plus de son lait : ramassages rapides, réglés, pour ne plus voir, des heures durant, sur le bord de la route ensoleillée, les bidons attendre le car bienveillant qui les transporte à l'usine. « Ne faire qu'un ramassage est une erreur industrielle : le double ramassage s'impose si l'on veut éviter de trop graves décomptes. » (Porcher.)

Notons que pour des raisons économiques les petites installations ne peuvent réaliser qu'un seul ramassage. Il doit donc être fait dans les meilleures conditions.

C'est à la laiterie que va s'opérer la sélection des

laits. A leur réception, ceux-ci sont examinés, fournisseurs par fournisseurs. Trop souvent, dans la pratique, le lait est tout simplement goûté et apprécié par un spécialiste. Il faut réclamer à l'arrivée du lait un examen sommaire mais plus sûr. Le bon lait doit être macroscopiquement irréprochable. Sa densité peut osciller entre 1031 et 1033. Du point de vue chimique, son acidité Dornic doit être voisine de 1,7 et il doit avoir une teneur en matière grasse de 36 grammes par litre (Gerber), chiffre adopté pour le calcul de la ration des nourrissons. Enfin on peut faire sur chaque échantillon prélevé l'épreuve de la richesse en réductase et en catalase microbiennes, mieux celles du coli-bacille par la méthode au rouge neutre (Wassileff). On évitera ainsi les laits sales, les laits anormaux (Colostrum), le lait de rétention, le lait de mammité, les laits fraudés (mouillés ou écrémés). Cette campagne pour un lait propre et sain dès l'origine s'oppose, pourrait-on croire, à la pasteurisation; non pas. La pasteurisation doit être une mesure de protection additionnelle, s'adressant à un lait propre. Comme le dit Mertz : « La pasteurisation peut tuer la flore pathogène, suspendre le travail de fermentation, mais elle ne peut avoir le pouvoir magique de supprimer les résultats de la décomposition qui restent un fait acquis. »

Filtrer son lait

Ce lait surveillé dès sa traite, choisi, et finalement collecté dans les grands bacs de la laiterie, doit être encore filtré. Quelles qu'elles soient, les garanties de

propreté à l'origine ne sont jamais absolues. Une filtration sérieuse s'impose.

Deux méthodes s'opposent qui tour à tour se sont partagées la faveur des industriels. Les premières : les filtres sur toile de coton ; les secondes : les filtres centrifuges.

Les filtres proprement dits se composent de plusieurs couches de tarlatane, une étoffe en coton assez légère et claire, ou de plusieurs feuilles de ouate hydrophile laissant passer également sans pression et sans arrêt le lait. Les filtres centrifuges sont des essoreuses tournant à une assez grande vitesse, au moins mille tours à la minute. Sur les parois de ces appareils viennent s'amasser, sous l'impulsion incessante de la force centrifuge, les impuretés de toutes sortes dont on doit débarrasser le lait.

H. Stassano et A. Rollet ont montré que si les filtres centrifuges retiennent mieux les grosses particules, la terre, par exemple, ils laissent, par contre, échapper les corpuscules de l'ordre de grandeur et de densité des résidus cellulaires (cellules épithéliales, leucocytes et leurs résidus, microbes). Ils ont montré également qu'il se produit un surcroît d'activité au sein des ferments lactiques dans le lait qui traverse les essoreuses, dû à l'aération provoquée.

D. Jacoben et T. Olon ont bien étudié les conséquences de ces deux modalités de la filtration. Ils ont constaté que quel que soit le procédé utilisé pour déterminer le nombre des bactéries, le lait centrifugé renferme un plus grand nombre de colonies bactériennes que le lait brut. Cette augmentation plus marquée

encore aux basses températures qu'aux températures élevées, est due à la destruction des amas bactériens par la centrifugation, qui augmente ainsi leurs nombres, mais diminue aussi l'importance de chacun d'eux. Le lait filtré, au contraire, présente une diminution du nombre des colonies due sans doute à leur arrêt partiel par la toile filtrante. Les auteurs ont également montré, par la mesure de l'indice de réduction du bleu de méthylène, que la centrifugation diminue les qualités de conservation du lait plus que ne le fait la filtration. Il n'existe pas de différence appréciable entre les compositions chimiques du lait brut, du lait centrifugé et du lait filtré, mais le volume de crème se séparant du lait épuré est plus faible dans le cas du lait centrifugé que dans le cas d'un lait filtré. Par contre, le centrifuge retient plus de matières étrangères que ne le fait le filtre. Ces matières sont formées d'environ 60 % de protéines, 8 % de matières grasses et 10 % de cendres dans le cas du lait centrifugé et de 8 % de protéines et 50 % de matières grasses dans le cas du filtré. Cependant la filtration sur toile de coton semble reprendre aujourd'hui une place prépondérante. Sans doute le filtre centrifuge retient-il plus de matières étrangères, mais par le battage qu'il fait subir au lait, il a le gros inconvénient de produire énormément de mousse, — en effet, dans ce lait fortement battu l'oxygène se substitue en grosses proportions à l'anhydride carbonique : nous en verrons tout le danger plus loin. — Or, comme l'a fait remarquer Porcher, cette mousse « sert de bouclier aux éléments microbiens et les protège, dans une certaine mesure, contre l'action de la chaleur ».

Dans la pasteurisation basse où cet inconvénient, du fait du passage dans les chambreurs, est moindre, elle nuit à la montée de la crème.

De plus, le filtre sur toile assure sa supériorité par un nettoyage plus facile et un débit plus rapide. Il est actuellement le plus souvent adopté dans les grandes laiteries.

Le lait filtré est recueilli et mis au froid dans les frigos en vue du traitement ultérieur si celui-ci n'est pas immédiat. Cette dernière pratique est toujours préférable.

Ainsi le lait, par ces soins successifs, se trouve dans les meilleures conditions pour subir le chauffage qui peut, dans ces conditions, donner un maximum de résultats.

B. — Le chauffage

Chauffer n'est pas tout, disions-nous dans un chapitre précédent, et nous pensons l'avoir montré. Le chauffage reste cependant le point capital de la pasteurisation. C'est aussi le plus délicat. Mal effectué, il enlève au procédé toute valeur. Le lait est excessivement délicat. La chaleur pour le rendre sain doit se garder de l'altérer. Voyons, pour mieux envisager les difficultés du problème, quelle est l'action de la chaleur sur le lait. Il subit des modifications d'ordre physique, chimique, biochimique que nous envisagerons rapidement.

MODIFICATIONS PHYSIQUES. — Vers 60°, le lait se recouvre d'une pellicule formée de 56 % de matières albuminoïdes, de 40 % de matières grasses, de 3 à 4 % de cendres. Cette pellicule se forme à 53 degrés si le lait est riche en crème, à 59 degrés s'il est écrémé, puis il se produit dans sa masse un boursoufflement gazeux dû au dégagement d'acide carbonique, qui précède l'ébullition du lait. Celle-ci a lieu à 100 degrés 1/10 (Adam).

MODIFICATIONS CHIMIQUES. — Les matières grasses restent en suspension inaltérée dans le lait tant que la

température ne dépasse pas 63 degrés. Une température plus élevée empêche la montée de la crème.

Si le lactose reste indemne, la caséine subit à 100 degrés, une hydrolyse partielle : puis les micelles grossissent de plus en plus et le lait normal coagule à 140 degrés. Notons que pour une acidité de 25° Dornic, le lait coagule à l'ébullition et pour une acidité de 70° à la température ordinaire.

L'albumine commence à coaguler à 60°. Cette coagulation est totale pour un chauffage d'une heure à 75°, de 5 minutes à 95°. Elle est évitée par un chauffage même très brutal, mais excessivement rapide. Ajoutons ici que la coagulation de l'albumine, de la lactalbumine, de la lactoglobuline et même les modifications subies par la caséine du fait du chauffage, si celui-ci n'a pas été poussé trop loin, facilitent pour le nourrisson la digestion du lait.

MODIFICATIONS BIOCHIMIQUES. — Les diastases et vitamines sont détruites quand l'albumine est coagulée. La peroxydase, la réductase, la catalase sont tuées à 80-90°. L'analyse résiste à 65°. Les microbes normaux (ferments lactiques) sont détruits à 80° ainsi que tous les germes asporogènes. Mais l'action de la chaleur semble sans effet sur les toxines.

Ainsi l'action bactéricide de la chaleur, but exclusif au début, est contrebalancée par les graves dangers dont elle menace la nature même du lait. Il importe donc de fixer les modalités d'application du chauffage. Son action dépend :

1° Du degré de température ;

2° De la durée du temps de chauffe.

Longtemps, on s'est borné à ces deux facteurs et à leurs variations. On chauffait plus haut pendant moins longtemps, ou on élevait moins la température en allongeant la durée du chauffage ; on pensait ainsi arriver au même résultat. C'est ainsi que Kilbourne, en 1912, nous rappelle que les services de santé de New-York fixaient officiellement les conditions thermiques de la pasteurisation entre 70° (158° F.) pendant trois minutes et 60° (140° F.) pendant 20 minutes. Le lait était ainsi chauffé :

A la température minimum de

158° F. (70°)	pendant au moins	3 m.
155° F. (68°4)	»	5 m.
152° F. (66°3)	»	10 m.
148° F. (64°5)	»	15 m.
145° F. (62°8)	»	18 m.
140° F. (60°)	»	20 m.

Ce principe et ses applications variables ne visaient qu'un résultat, la destruction de la flore microbienne. Jamais il n'envisageait la conservation des principes biochimiques et l'intégrité de la structure du lait. Il fut à la base de toute la pasteurisation pendant ces quarante dernières années.

Plus que les données thermiques important les conditions de leurs applications: La façon dont on chauffe, la forme à donner au lait pour subir l'action de la chaleur, l'agent thermique utilisé. C'est à quoi ont abouti les recherches de Stassano pour la mise au point de son procédé « en couche mince ». Il a montré que l'on pou-

vaît porter le lait à une température élevée, c'est-à-dire réaliser un assainissement parfait tout en touchant au minimum la structure du lait. Mais pour obtenir ce résultat, il faut réduire considérablement la durée du chauffage et permettre à l'action de la chaleur de s'exercer au maximum sur toutes les particules du lait. La couche mince réalise ce dispositif.

Nous envisagerons ici les procédés de chauffage les plus utilisés, nous arrêtant plus à leur principe qu'au détail de leur technique.

Nous verrons successivement :

- 1° La pasteurisation Haute;
- 2° La pasteurisation Basse ;
- 3° La pasteurisation de courte durée à température élevée.

Pasteurisation haute

La pasteurisation haute ou encore pasteurisation rapide, consiste à chauffer le lait à une température élevée pendant quelques minutes. De la consultation de nombreux auteurs, il ressort que l'on chauffait de 70° à 95° pendant 1 à 5 minutes. Il semble actuellement que le chauffage le plus employé se fasse à 80°-85° pendant 1 à 2 minutes.

Ce fut là le premier mode d'emploi de la chaleur dans la pratique industrielle. Elle utilisait le pasteurisateur Danois. La première description détaillée nous en fut donnée par Beau qui en exposa aussi la théorie due à Pétersen. Cet appareil comprend schématiquement un récipient où le lait collecté subit la chauffe. La source de cette chaleur est de la vapeur vive circulant dans une enceinte extérieure à doubles parois. Le lait entre par le bas de l'appareil ; sous l'impulsion de l'agitateur, il gagne progressivement le haut, d'où il s'écoule vers le réfrigérant. Pour uniformiser la température dans la masse du lait, celui-ci est soumis à l'action centrifuge de la rotation rapide d'un cadre mobile vertical tournant à 200 tours à la minute. Sous l'action de cet agitateur, le lait est réparti en couche sur la paroi de la cuve du pasteurisateur. Cette paroi, chauffée par la vapeur, transmet au lait sa chaleur.

Ce pasteurisateur Danois eut une grosse vogue au

début : il a en effet, pour lui, sa commodité de marche et d'installation, qui explique son emploi, encore actuellement, dans nombre de petits centres de ramassage. En effet, la facilité d'obtenir avec l'appareil des températures variant, nous l'avons vu, de 70° à 95°, ont permis à l'industriel d'adapter en quelque sorte son chauffage à la qualité du lait : suivant que celui-ci est plus ou moins fragile, plus ou moins pollué. On chauffe aussi plus ou moins et ainsi, suivant l'expression industrielle, le lait « tient mieux ». D'autre part, à de telles températures, la destruction de toutes bactéries pathogènes semblait garantie. L'hygiéniste était satisfait. L'industriel trouvait aussi son compte, car le chauffage extrêmement rapide et continu lui permettait de pasteuriser d'importantes quantités de lait.

En fait, la Pasteurisation Haute prête à de grosses critiques : bien vite, on s'en rendit compte. Ces critiques s'adressent au chauffage tout d'abord : en effet, si le thermomètre placé sur l'orifice de sortie du lait chaud, nous fixe exactement sur le degré de température, il est par contre impossible de connaître exactement le temps de passage du lait dans l'appareil. Henneberg et Christiansen l'ont montré ; l'uniformité de la durée de passage n'est atteinte dans aucun des appareils de pasteurisation haute, qu'il s'agisse de l'agitateur à plateaux ou à palettes.

La régularité du chauffage, elle non plus, ne peut être réellement acquise. La température n'est pas constante. Le premier lait qui passe dans le pasteurisateur est très souvent porté à une température insuf-

fisante : Des sautes de chaleur dues à la condensation de la vapeur vive se produisent si une surveillance constante n'est pas exercée : Ces abaisséments de température, ces coups de chauffes donnent au lait un mauvais goût, provoquent souvent d'importants dépôts sur la paroi et même quelquefois des coagulations massives qui gênent les échanges de chaleur. Enfin, la répartition de la température dans la masse du lait est irrégulière, car le chauffage, fait par un seul côté, et la mousse formée à la faveur du battage du lait à une température élevée, ne permettent pas d'affirmer que toutes les particules du lait soient chauffées dans les mêmes conditions.

Il s'ensuit que l'assainissement ne répond pas toujours à ce que l'on peut attendre d'une action aussi sévère de la chaleur. « La mousse, dit M. Porcher, s'est montrée comme le réceptacle par excellence des bactéries pathogènes les plus résistantes... Il n'est point de lait travaillé par la pasteurisation haute qui ne renferme des coli-bacilles souvent en proportions considérables. » Or, leur recherche constitue un test qui, s'il est positif, témoigne de la défectuosité du chauffage.

C'est pour remédier à l'insuffisance du pasteurisateur Danois que l'industrie laitière a adopté les bacs d'attente, encore appelés bacs intermédiaires, où le lait, avant d'être réfrigéré est collecté à sa sortie du pasteurisateur et maintenu pendant quelques minutes. Ainsi la température du lait s'uniformise et complète la destruction de la flore microbienne. C'est là un premier pas vers la pasteurisation basse.

Enfin la pasteurisation haute est une opération brutale. Si l'aspect physique du lait n'est pas touché, on lui a souvent reproché son goût de suit (dû à l'absence de CO_2 et à la formation d' H_2S par désintégration des matières albuminoïdes soufrées), les diastases sont tuées, les vitamines très atteintes, souvent détruites. Quant à la structure originelle du lait, elle subit une altération profonde : la défectuosité de la montée de la crème en est une preuve facile. Cette atteinte à la nature du lait fut la cause déterminante de la pasteurisation basse. Progressivement déjà, on avait abaissé la température à 75° , 70° , 68° en prolongeant les temps de chauffe. Mais Kilbourne et Harding ayant montré que l'épaisseur de la couche de crème et la netteté de la ligne qui la sépare du lait écrémé sous-jacent étaient à leur maximum à 62° pour un chauffage de 30 minutes, ce fut l'obtention d'une bonne ligne de crème, « Cream line » plus que l'assainissement du lait, qui guida les Américains dans la précision du cadre thermique de la nouvelle méthode qu'ils mirent au point : la pasteurisation basse.

Pasteurisation basse

Par pasteurisation basse, on entend le chauffage du lait aux environs immédiats de 145 F., soit 62°8 C. pendant 30 minutes, ce temps étant compté du moment où la température précédemment fixée est atteinte (Porcher).

Elle est encore appelée pasteurisation lente ou prolongée. Déjà en 1895, un expert Danois, Mourad, avait eu l'idée de conserver le lait chauffé pendant au moins 30' pour augmenter l'effet de la pasteurisation. Mais le premier appareil de pasteurisation lente ou prolongée ne fut construit qu'en 1906, par Willman, à New-York. On chauffait le lait à 60°-65°, puis on le maintenait à cette température dans des cuves appelées « Holding tanks » pendant 30 à 40', d'où le terme de « holding method ». La méthode se répandit vite après 1903 aux Etats-Unis où elle fut perfectionnée et mise au point, puis au Canada, avant de faire la conquête du monde. Aux Etats-Unis, 98 % du lait pasteurisé l'est par cette méthode. En Angleterre, du point de vue légal, le terme « pasteurisé » ne peut, depuis 1922, s'appliquer qu'au lait traité par pasteurisation lente.

Les dispositifs mécaniques réalisés pour répondre à la définition de la pasteurisation basse sont nombreux; quelle que soit leur variété, on les ramène à deux types:

Dans le premier, le lait est chauffé en masse ou faiblement agité sur place : *pasteurisation discontinue*. Dans le second, le lait se chauffe en circulant dans des systèmes tubulaires en gros filets cylindriques de plusieurs centimètres de diamètre : *Pasteurisation continue*.

Quelle que soit la technique adoptée, le lait est toujours préalablement chauffé à 62°8.

Nous distinguerons donc deux temps :

1° Le préchauffage, qui porte le lait à 62°8.

2° Le maintien de cette température pendant 30'.

Le préchauffage

Ce préchauffage du lait doit être rapide. Il est réalisé par de nombreux appareils parmi lesquels nous pouvons distinguer cinq types différents.

1° LE PASTEURISATEUR DANOIS : pour cet emploi, ses inconvénients sont moindres. Les irrégularités du chauffage s'amortissent lors du 2° temps. Il est à rejeter tout de même, car le battage qu'il fait subir au lait produit de la mousse et gêne la montée de la crème pour laquelle cependant la température de 62° est optima.

2° LES APPAREILS ÉCHANGEURS DE TEMPÉRATURE A PLAQUES. — Ces appareils sont basés sur le principe de la régénération, c'est-à-dire qu'ils permettent des échanges réciproques de calories et frigories entre la source chaude et le lait froid à chauffer.

Les plaques utilisées sont rectangulaires ou circulaires, disposées horizontalement ou verticalement. D'un côté passe le lait et de l'autre, en sens inverse, coule l'agent de chauffage qui est de l'eau portée à une température de 10 à 15° supérieure à celle à laquelle on veut porter le lait.

En fait, la pratique laitière a réalisé un double usage des échangeurs.

Le lait chaud qui vient d'être pasteurisé a remplacé l'eau chaude. Ce sont à la fois des réchauffeurs pour le lait froid à pasteuriser, et des réfrigérateurs pour le lait chaud pasteurisé qui sort du mainteneur et qui doit être, comme nous le verrons plus loin, refroidi.

Mais, du fait des pertes, les contre-courants près du lait chaud ne permettent jamais de porter le lait à pasteuriser, à la température du lait qui vient de l'être.

Il convient donc, après un passage sur un premier échangeur, de faire circuler le lait sur un autre échangeur à eau, cette fois chauffée à une température convenable.

La commodité et l'économie du procédé l'ont fait adopter par de nombreuses entreprises.

3° LES SYSTÈMES TUBULAIRES. — Sous une diversité de formes, ces systèmes font couler le lait à travers des tubes noyés dans un milieu maintenu à température constante. On peut distinguer deux types :

A) Le tube dans lequel coule le lait est placé concentriquement à l'intérieur d'un autre tube dans lequel circule en sens inverse de l'eau chaude.

B) Dans d'autres systèmes, ces tubes sont réunis dans une caisse, à l'intérieur de laquelle circule l'agent

thermique : de l'eau chaude le plus souvent, dont on peut modifier l'action.

La grande surface de chauffage donne aux tubes concentriques un avantage incontestable. On a opposé aux avantages de ces appareils la difficulté de nettoyage aux coudes et aux joints. En fait, ceux-ci sont toujours très facilement accessibles.

L'efficacité thermique et le fait de soustraire le lait à tout contact avec l'atmosphère environnante, dont on connaît l'action destructrice sur les vitamines et le rôle dans les réinfections, expliquent la faveur dans l'industrie laitière des systèmes à plaques et des systèmes tubulaires. Faveur d'autant plus compréhensible qu'ils peuvent servir aussi pour la réfrigération.

4° LES BACS HORIZONTAUX sont des bacs à enveloppes isolantes, pleines, à doubles enveloppes, dans laquelle circule l'eau chaude. Ces bacs sont traversés dans leur grand axe par un agitateur spirale tubulaire creux ou des palettes creuses ou un système de tubes oscillants, à l'intérieur desquels circule une eau chaude et dont la température est maintenue constante par des admissions de vapeur. Une pompe assure la circulation de l'eau. Mais dans ces conditions, le préchauffage est long : le lait chauffé en masse demande quelquefois 15 à 25' pour atteindre la température de 63 degrés.

Notons que ces bacs non compartimentés peuvent servir aux deux temps du chauffage, fonctionnant tour à tour comme réchauffeurs et mainteneurs. En effet, quand la température de 63° est atteinte, on réduit

suffisamment l'arrivée d'eau chaude pour que la température se maintienne pendant les 30 minutes.

La réduction des manipulations et la régularité des appareils expliquent l'emploi de cette modalité dans de nombreuses petites exploitations où quelquefois un seul bac sert tour à tour de « bac d'attente, de préchauffeur, de chambreur, de réfrigérant », suivant que l'on utilise eau chaude ou eau froide.

5° LES RÉCHAUFFEURS CAPILLAIRES sont des appareils réfrigérants que nous retrouverons plus loin. En remplaçant l'eau froide et la saumure par de l'eau chaude, on obtient un chauffage irrégulier sans doute, mais peu importe, la température s'uniformise dans les chambreurs.

Le maintien

Le lait ainsi préchauffé doit être maintenu à la température de 62° pendant 30 minutes. C'est le 2° temps de la pasteurisation Basse; suivant que le lait est chauffé en masse dans les chambreurs, qu'il s'écoule dans des différents systèmes, nous distinguerons deux types d'appareillage :

Le type discontinu,

Le type continu.

A). TYPE DISCONTINU où des chambreurs encore appelés « mainteneurs », qui sont les « holders » américains, comprend plusieurs dispositifs différents :

1° Les bacs horizontaux en spirale, envisagés à propos du préchauffage ;

2° Les bacs compartiments, à 4 compartiments le plus souvent, dont le remplissage et la vidange s'effectuent automatiquement, par un système qui ouvre ou ferme les robinets à intervalles réguliers.

L'ascension de la crème est évitée par le mouvement lent de palettes pleines qui homogénéisent le lait. Ce palliatif constitue, pour ces deux sortes de bacs, l'inconvénient de produire beaucoup de mousse.

Enfin Porcher cite un système de « bacs rotatifs » vus à New-York. Ce dispositif ingénieux comprend six bacs isolés les uns des autres, bien calorifugés, placés sur la circonférence d'une grande roue dont le mouvement est assuré avec régularité par un dispositif mécanique. Le bac qui a fait un tour complet est arrêté : une valve assure sa vidange pendant que l'intérieur voisin se remplit à nouveau. Notons que ces appareils discontinus n'empêchent en rien la continuité du travail à l'usine, assurée par un roulement ininterrompu par les remplissages, chambrages, vidanges successifs des divers compartiments.

B). LE TYPE CONTINU comprend différents dispositifs dans lesquels le lait doit s'écouler doucement à une vitesse telle qu'il doit théoriquement y rester à la température de 62°8 pendant une demi-heure.

1° *Le système des vases communiquants* : Ce système résulte de l'association de deux éléments cylindriques légèrement décalés l'un par rapport à l'autre : l'un en rapport avec le préchauffeur, l'autre avec le réfrigé-

rant. Chacun de ces éléments est composé d'un cylindre à l'intérieur duquel se trouve un cylindre d'un diamètre un peu plus petit. Le lait arrive par en haut, passe entre les deux cylindres, puis pénètre dans le cylindre intérieur par sa partie inférieure. Un col de cygne renversé, attaché au tuyau de décharge, fait que le lait ne peut s'écouler dans le second élément tant que le premier n'est pas rempli.

En théorie, le dernier lait qui rentre devrait être le dernier sorti (Porcher). En fait, la pratique a montré qu'il n'en était pas ainsi, en raison des courants irréguliers existants au sein de la masse de lait.

2° *Le bac à courant continu* comprend plusieurs compartiments, l'un inférieur, donnant sur le compartiment à vider, l'autre supérieur, donnant sur le compartiment à remplir. On compte une demi-heure pour que le lait traverse successivement tous les compartiments. Mais là encore, il se crée des courants parasites pour qui la durée d'écoulement varie.

3° *Le type tubulaire*, envisagé à propos du préchauffage, est également très employé comme mainteneur. Les divers tubes légèrement en pente permettent une circulation continue dans le sens latéral et de haut en bas, dont la durée est d'une demi-heure. On a signalé la présence de poches d'air, qui peuvent nuire à une bonne circulation. C'est cependant un appareil actuellement très employé.

Si nous nous sommes si longuement arrêté à la technique, aux appareils divers de la pasteurisation basse, c'est qu'il s'agit là, comme nous l'avons dit au début de ce chapitre, du procédé de chauffage le

plus répandu dans l'industrie laitière : c'est aussi parce que nombre de ces appareils sont d'usage courant dans la pratique laitière, quel que soit le mode de chauffage utilisé : les bacs divers, les échangeurs à plaques qu'emploie aussi la pasteurisation haute, les réchauffeurs capillaires qu'utilisent également la réfrigération, etc...

Le gros avantage de la pasteurisation lente réside dans ce fait que toujours le facteur thermique : chauffage à 62°8, peut être réalisé exactement. Les appareils munis de thermographes permettent d'affirmer que le lait a été assez chauffé pour détruire les microbes pathogènes. Les écarts de température possibles, toujours de courte durée, ne peuvent se manifester, vu la masse de lait traité. Ils n'ont d'ailleurs, du fait de la longue période de chauffage, aucune importance.

Par contre, la durée du chauffage manque de précision, les 30 minutes ne sont jamais nettement délimitées, car il faut compter avec le temps du remplissage et la vidange des cuves dans le procédé des chambreurs.

Il semble que ce soit là un inconvénient secondaire, puisque, d'après les recherches de Orla Jensen, Ruchle Stenström, 20' de chauffage à 63° suffisent et les temps de 30' et même 25' employés dans la pratique pour plus de sûreté, ne sont pas profitables au lait et devraient être diminués.

Dans les essais faits par Weigmam à Kiel, et par Barthel, à Stockholm, ces auteurs ont attiré l'attention sur le danger que présentaient, dans les appareils dits continus, les courants existants dans la masse du lait.

Ceux-ci expliquent que certaines parties du lait se retrouvent à la sortie, quelques minutes après avoir pénétré dans l'appareil, avec une flore microbienne intacte, tandis que d'autres portions s'y maintiennent pendant des heures soumises à des changements qui nuisent à la montée de la crème et aux qualités physiologiques du lait.

Enfin on a fait à la pasteurisation basse deux critiques plus graves : La première, d'ordre économique : la lenteur de l'opération et, partant, l'impossibilité d'un grand débit pour l'industriel qui n'a pas de vastes appareillages.

La seconde d'ordre hygiénique : le développement pendant la pasteurisation des bactéries thermophiles dans le lait. Des recherches faites en Angleterre, en Amérique ont montré que les dernières portions du lait dans les appareils de pasteurisation en circulation pendant plusieurs heures, peuvent renfermer de très grandes quantités de bactéries thermophiles. Baccd et Hauteu ont trouvé jusqu'à 50 millions de bactéries thermophiles par cc. de lait ayant subi la pasteurisation basse. Gorini a montré quelle influence sur le pouvoir de conservation du lait possédaient les bactéries acidoprotéolytiques et thermophiles du lait. Les acidoprotéolytiques se revêtent d'un capuchon de caséine qui se précipite autour d'eux, surtout pendant le réchauffement (effet de leur chymase) s'ils ne sont pas sporogènes. Les bactéries thermophiles peuvent non seulement, grâce à leurs spores, survivre, mais aussi se multiplier à des températures élevées, et précisément aux températures de la pasteurisation lente. Ainsi, il

peut arriver que le lait sorte du pasteurisateur avec une charge microbienne plus élevée que la charge initiale. En fait, le plus souvent, le lait de pasteurisation lente renferme généralement très peu de bactéries thermophiles, acidifiantes, certes, mais inoffensives.

Ce procédé présente sur la pasteurisation haute le double avantage de garder au lait, pour une bonne part, ses caractères de lait cru, en ne gênant pas la montée de la crème, en ne touchant ni aux vitamines, ni aux diastases.

Pasteurisation par chauffage très rapide à température élevée

Le lait est un liquide pollué de germes banaux et pathogènes. La pasteurisation doit l'en débarrasser sans toucher à sa structure biochimique (diastases et vitamines) et physico-chimique. Or, c'était là le reproche adressé aux méthodes de pasteurisation, le goût de cuit, la privation des éléments vitaux du lait pasteurisé...

Les patientes recherches de Stassano ont bien montré « que la durée du chauffage est le facteur principal des altérations provoquées par la chaleur chez les êtres vivants et leurs milieux organiques de nature albuminoïde. Au contraire, le degré de la température, dans certaines limites bien entendu, n'y joue qu'un rôle secondaire ».

Si donc on emploie une haute température (l'assainissement est assuré) appliquée pendant quelques secondes seulement (le lait est indemne) on réalise les conditions de notre définition. Tel est le principe. Mais on ne saurait se limiter au cadre thermique, température et durée de chauffage, qui est en somme celui de la pasteurisation haute : il faut tenir compte également des conditions d'application de ces deux données. La chaleur élevée, mais de courte durée, doit

s'exercer au maximum sur toutes les particules du lait. Le chauffage en couche mince semble réaliser, à cet égard, les meilleures conditions. De nombreux appareils s'inspirent de ce principe.

On a voulu distinguer : D'une part, le simple effet d'un chauffage très rapide que certains appareils ne réalisent pas avec uniformité, parce que, dans leur dispositif, les laits passent, certes, en couche, mais dont l'épaisseur atteint toujours plusieurs millimètres. D'autre part, le chauffage selon Stassano où l'épaisseur de 1 millimètre de la couche de lait s'unit à l'action thermique sur les deux côtés de la couche, à la rapidité, et à l'action élective de la paroi chauffée sur les microbes.

Les résultats des expériences simultanées conduites à la Station d'Essais de l'Etat à Hilbröd (Danemark), avec l'appareil Stassano, et à la Station expérimentale et de recherches laitières de Kiel, avec d'autres appareils, à la Station laitière Weihestephan, près Munich (Astra) ne permettent pas d'établir une telle distinction.

Les définitions allemandes « *Hoch und Momenterhitzern* », anglaises « *High temperature Short time pasteurization* » et leur traduction littérale : « *chauffage très rapide à température élevée* » englobent sous un même chef, des appareils qui, avec des réalisations différentes, appliquent un même principe. L'appareil de Stassano en est le type.

Nous envisagerons ici :

La biorisation ;

La stassanisation ;

Les divers pasteurisateurs instantanés.

La biorisation

Ce procédé fut préconisé par Lobeck, il y a une vingtaine d'années. Il consiste à chauffer brusquement à 75°, en enceinte close, du lait réduit en brouillard. Après le chauffage, ce brouillard est refroidi, il se condense, et le lait reprend son état de masse liquide. Ce procédé revient au chauffage du lait réduit en une couche discontinue extrêmement mince, puisque son épaisseur est celle des gouttelettes qui constituent le brouillard. Celui-ci doit donc être le plus fin possible.

La biorisation n'exige que quelques secondes. Elle a encore, vu la rapidité de son action, l'avantage de ne pas toucher aux équilibres originels, à la structure du lait.

Cependant ce procédé ne semble pas avoir pris dans la pratique un gros développement.

La Stassanisation

La stassanisation est le chauffage du lait en couche mince de 1 mm. d'épaisseur, par ses deux faces, à la température de 75 degrés pendant 14 à 15 secondes.

La stassanisation est l'application à la pasteurisation du procédé employé par Stassano pour la stérilisation de ses cultures microbiennes. Il ne s'agit pas là d'une conception nouvelle. Le calorisateur Hignette, le pasteurisateur « Excelsior » de Wiefeldt, le pasteurisateur de Arthaud-Berthet et Perrier, imaginé en 1905, utilisaient déjà la couche mince. Les essais,

analyses et recherches relatifs à cette méthode, ont été effectués de 1927 à 1929, à la Station expérimentale d'Hillerod, au Danemark.

L'appareil Stassano comprend essentiellement un système de tuyauterie divisé en trois sections:

- 1° La section régénérative (assure le préchauffage) ;
- 2° La section chauffante ;
- 3° La section refroidissante.

Les trois éléments consistent en doubles tuyaux, c'est-à-dire qu'il y a deux tuyaux emboîtés l'un dans l'autre, dont les diamètres diffèrent d'environ 2 millimètres 5, laissant un espace de 1 à 1 mm. 5 dans lequel s'écoule le lait, entre le tuyau intérieur et le tuyau extérieur. Les extrémités de ces tuyaux sont reliées par des coudes spécialement construits, réalisant ainsi un conduit d'environ 28 mètres pour la section régénérative et refroidissante et d'environ 20 mètres pour la section chauffante. Le chauffage se fait à 75° avec de l'eau portée à 76° par un réchauffeur d'eau isolé, fixé à l'appareil. Deux pompes assurent l'une, la circulation du lait, l'autre la circulation de l'eau dans la section chauffante. En liaison avec la pompe du lait se trouve un robinet muni d'un système permettant de régler la pression du courant. Des thermomètres à tous les éléments permettent de suivre et contrôler la température intérieure et extérieure de chacun d'eux. A la sortie du stassaniseur, un thermographe enregistreur indique la température à laquelle le chauffage a lieu.

Ces précisions étant données, le fonctionnement de

l'appareil se comprend aisément : Le lait passe sur un système de plusieurs filtres à flanelle spéciaux, qui épurèrent le lait, en retiennent l'écume et les particules qui pourraient empêcher son passage à travers les tuyaux. A sa sortie du filtre, le lait est aspiré par la pompe spéciale, construite pour éviter toute action du battage sur le lait, et étudiée surtout pour lui conserver son acide carbonique, qui le refoule successivement et en circuit continu fermé :

1° Vers les tuyaux intérieurs de la section régénérative. Il se rencontre là avec le courant de lait chaud venant du stassaniseur et qui passe dans les tuyaux extérieurs de cette même section. Pendant ce passage, un échange de température a lieu entre le lait chaud et le lait froid, de sorte que lorsque ce dernier quitte le régénérateur, il atteint déjà une température de 50°.

2° Dans les cylindres stassaniseurs, au niveau desquels se produit l'action bactéricide. Celle-ci a lieu par laminage du lait en couche très mince de 1 mm. entre les parois des deux tuyaux, maintenus sur tout leur parcours à température convenable par un intense courant d'eau chaude à 76°, circulant sans cesse du côté opposé de chacune de ces parois métalliques.

3° Dans les tuyaux extérieurs du régénérateur, comme indiqué plus haut, où il est refroidi à environ 30 degrés.

4° Dans la section refroidissante, où le lait passe à travers les tuyaux intérieurs, de l'eau froide circulant à travers les tuyaux extérieurs, pour enlever le reste de la chaleur du lait et le refroidir à la température voulue suivant la température de l'eau en circulation.

Notons que, d'après les résultats obtenus, il semble que l'emploi de la saumure ne soit pas nécessaire pour un lait stassanisé.

La stassanisation se distingue de la pasteurisation ordinaire à haute température ainsi que de la pasteurisation lente en ce que le chauffage se perd dans un système de tuyauterie complètement fermé à travers lequel le lait passe en couche très mince. Le chauffage est ainsi rapide et effectif, sans admission d'air et sans qu'aucune partie du lait ne soit trop chauffée. Ce chauffage ne dure d'ailleurs que 14 à 15 secondes.

Les avantages qui en résultent sont multiples : Ils sont :

1° *d'ordre hygiénique*. En effet, d'après les expériences faites à la station expérimentale d'Hilleröd, au Danemark, le lait stassanisé se conserve beaucoup plus longtemps que le lait pasteurisé par les procédés usuels : 99,2 % à 99,6 % de la flore bactérienne est détruite. Les microbes pathogènes sont tous tués, du *B. coli* au *B. de la tuberculose* (Bang). Les rares espèces survivantes, non pathogènes d'ailleurs, sont très affaiblies.

2° *d'ordre diététique*. Le lait stassanisé a le goût, l'aspect et l'odeur du lait cru. La montée de la crème, même si le lait est chauffé à 80°, est la même que dans le lait brut. Sa faculté de coagulation par la présure reste normale, même à un très haut degré de chauffage. Les sels minéraux, les protéines, les albumines, ne subissent pas de modifications. Ainsi il semble que le lait stassanisé conserve une valeur nutritive égale à celle du lait cru. Il le doit surtout à deux avantages primordiaux qu'offre la réalisation du stassaniseur et sur lesquels nous insisterons ici.

1° La conservation presque intégrale de l'acide carbonique du lait.

2° L'absence d'aération, qui épargne en même temps la perte en volume du lait par évaporation qui se chiffre, dans les procédés usuels, de 1 1/2 à 2 et 3 %.

La présence de l'acide carbonique dans le lait, en effet, tient sous sa dépendance, par ses combinaisons multiples, l'état des phosphates et des sels de chaux. Il les maintient en parfait état de solubilité et par conséquent, d'assimilabilité.

Les équilibres chimiques sans lesquels le lait perd toute valeur biologique, sont conservés ainsi que les hormones, les principes bactéricides ou immunisateurs. L'expérience de Lumière qui, en soumettant un sérum à l'action du vide, voit celui-ci perdre son pouvoir anaphylactique, semble avoir attiré l'attention sur ce rôle primordial de l'acide carbonique. Le chauffage à l'air libre et les procédés de pasteurisation le laissent s'échapper à des degrés divers. Fouassier et Stassano ont démontré que le chauffage du lait en circuit fermé ne suffisait pas, et ils ont fixé les conditions précises qui remédiaient à cet inconvénient de la pasteurisation :

1° Couche mince du lait ne dépassant pas 1 mm. d'épaisseur.

2° Chauffage de la couche de part et d'autre sur ses deux faces.

3° L'absence de poches dans le circuit, au passage de la nappe annulaire, d'un cheminement tubulaire dans un autre.

4° Pression du lait pendant le chauffage dépassant

1 kg., refroidissement immédiat dans un appareil réfrigérant sous la même pression et sous une épaisseur de lait toujours en couche annulaire, mais pouvant cette fois atteindre 2 à 3 mm. au plus.

Le stassaniseur est l'application de ces données. Il ne produit qu'une très faible perte d'acide carbonique inévitable et parallèlement une très faible aération. L'un et l'autre de ces deux phénomènes sont plus marqués à mesure qu'augmente la température de l'épreuve subie par le lait.

L'absence d'aération constitue également un gros progrès. Dans l'industrie des vins, on connaît bien l'action fâcheuse que l'aération combinée au chauffage exerce sur la qualité du produit traité. Le danger est le même pour le lait, dont les vitamines sont alors fortement attaquées et la valeur diététique bien diminuée. « Les vitamines sont en général très sensibles à l'action de l'oxygène de l'air, sensibilité qu'exagère encore l'élévation de température » (Stassano). Osborne et Mendel ont signalé depuis longtemps le danger public de la carence vitaminique des laits oxydés. Le professeur Frederica, Directeur de l'Institut d'Hygiène de Copenhague, a constaté dans plusieurs séries d'expériences que le lait traité en couche mince n'accuse pas d'affaiblissement dans les vitamines A et B. Les résultats des recherches pour la vitamine C n'ont pas permis de tirer de conclusions.

5° Citons enfin les nombreux avantages d'*ordre économique* qui font du stassaniseur, dans un avenir prochain, le procédé de la pratique.

En effet, les installations de stassanisation sont ex-

tensibles par la simple adjonction d'éléments supplémentaires au stassaniseur ou au récupérateur-réfrigérant. Elles s'accommodent de toutes les architectures des locaux, puisque le lait sous pression peut, à sa sortie de l'appareillage, être conduit à n'importe quel niveau. Elles permettent une conduite et une surveillance plus facile des appareils, d'où une économie de main-d'œuvre. Elles réalisent surtout une économie de vapeur du tiers et même de la moitié sur les procédés ordinaires. Le court chauffage du lait à 75° n'entraîne en effet qu'une consommation de vapeur relativement minime : 45 kilogs pour 1.000 kg. de lait, alors qu'elle est pour la même quantité de lait de 135 à 155 kg. pour la pasteurisation ordinaire à haute température et de 100 kg. pour la pasteurisation lente. (Résultats de la Coopérative laitière de Sandaucourt).

Enfin, remarquons que tout le traitement se faisant en circuit fermé, la stassanisation n'entraîne aucune des pertes de volume évaluées de 2 à 3 % dans les procédés ordinaires. Les résultats ont montré qu'ainsi un stassaniseur traitant 10.000 litres de lait par jour, récupère environ 72.000 litres de lait par an (Hilleröd).

On a reproché au procédé la nécessité de son fréquent nettoyage et sa difficulté. Bien que le traitement ne décompose pas le lait, il se produit après deux ou trois semaines d'usage, en diverses parties du circuit, des dépôts de boue ou de très minces dépôts lactés pierreux sur les tuyaux intérieurs. Ils sont facilement enlevés à la brosse sur le tuyau sorti. La nouvelle construction de l'appareil permet d'enlever facilement la pièce d'extrémité commune à chacune des sections.

On peut alors retirer les tuyaux intérieurs que l'on a toutes facilités pour nettoyer et examiner. Un nettoyage tous les dix jours suffit. En plus, chaque jour, après la fin du travail, on pratique la toilette de l'appareil. On y fait passer de l'eau pure et froide jusqu'à ce que cette eau de rinçage sorte propre et sans entraîner de résidus de lait à la sortie de la section refroidissante, ce qui demande environ 200 kilogs d'eau. Ensuite, on envoie dans l'appareil une faible solution de soude qu'on peut ou bien faire circuler plusieurs fois, ou bien laisser reposer pendant quelque temps. Elle est ensuite évacuée par pompage, et immédiatement après, on fait circuler de l'eau bouillante ou de la vapeur à travers l'appareil.

Pasteurisateurs instantanés

Ces appareils dont nous ne ferons qu'une étude sommaire, sont diverses applications du même principe : chauffage très rapide à température élevée en couche mince. Nous distinguerons :

1° Les appareils à chauffage sur les deux faces de la couche : Appareil de Tödt. Appareil à plaques Diskus.

2° Les appareils à chauffage sur une seule face de la couche : Appareil de Nielsen. Appareil Astra-Montana. Appareil Corblin.

La pasteurisation dans ces appareils comprend également trois étapes : 1° Le préchauffage ; 2° La pasteurisation proprement dite ; 3° La réfrigération.

Le préchauffage peut être réalisé avec les mêmes appareils tubulaires ou à plaques décrits plus haut. Il en est de même pour la réfrigération. Seuls diffèrent dans ces appareils les dispositifs mécaniques qui assurent l'action bactéricide de la chaleur.

APPAREIL DE TODT : Celui qui se rapproche le plus de l'appareil Stassano. Le lait y circule entre deux enveloppes tronconiques chauffées en une couche réglable de 6 à 10 millimètres. Cette couche circule entre un tambour tronconique, animé d'un mouvement rotatif, dans lequel on envoie de la vapeur, et une caisse dont la paroi, en contact avec le lait, est chauffée par un serpentín dans lequel circule également de la vapeur. Le lait arrive par en bas et tend à s'élever sous l'action du mouvement rotatif du tambour intérieur, en glissant dans l'interstice qui sépare celui-ci de la caisse extérieure. Le chauffage porté à 80° s'exerce pendant 10 à 12 minutes.

APPAREIL A PLAQUES DISKUS : Utilisé comme échangeur de température et comme pasteurisateur : dans ce cas, l'agent thermique est de l'eau chaude portée à plusieurs degrés au-dessus de la température de pasteurisation. Le lait passe à grande vitesse pendant 4 à 5 secondes dans des canaux étroits et l'échange de températures se fait des deux côtés de ces canaux par contre-courant d'eau chaude. La température est portée autour de 75° à 80°. Les grandes surfaces de chauffe permettent un débit important.

APPAREIL NIELSEN : Le lait circule en filets cylindriques d'un faible diamètre, dans un grand nombre de

petits tubes, contenus eux-mêmes dans une chambre de vapeur. Le chauffage n'a lieu que par la paroi de ces tubes, c'est-à-dire par une seule face.

Le seul avantage du procédé est d'opérer en enceinte complètement close. Le chauffage est de 80° à 85° pendant 15 à 20 secondes.

APPAREIL ASTRA-MONTANA : il est constitué de compartiments ou cellules traversés de part en part par un système tubulaire composé de tubes concentriques communiquant entre eux à leur extrémité, ce qui oblige le lait à parcourir quatre fois la longueur des éléments pasteurisateurs. Pour réaliser la couche mince, on introduit dans le plus petit des tubes concentriques un noyau cylindrique exactement cintré qui délimite entre sa périphérie et la paroi du tube dans lequel il est logé, une zone annulaire mince, mais qui a toujours au moins 3 à 4 millimètres d'épaisseur. Notons également que le noyau cylindrique n'est traversé par aucun agent thermique ; le chauffage n'est donc réalisé que sur une seule face. Le cadre thermique de l'action du chauffage varie dans les limites envisagées pour les appareils précédents. Il existe également un pasteurisateur Astra à plateaux.

APPAREIL CORBLIN : la couche de lait est réalisée par deux tubes montés concentriquement, l'un à l'intérieur de l'autre. Le tube intérieur bouché à ses deux extrémités forme noyau. Le lait circule dans l'espace annulaire ainsi créé. Les tubes plongent dans une chambre, où on peut envoyer selon la température que l'on veut atteindre de la vapeur vive ou de l'eau portée à 10° ou 15° au-dessus de la température de pasteurisation. Cette température varie de 75 à 80° et plus.

Après le chauffage

Le lait à sa sortie du pasteurisateur est un lait sain. Non seulement il peut, mais il doit être consommé tel quel. On comprend mal le non sens de pratique cependant courante, qui consiste à faire bouillir un lait pasteurisé. A quoi bon pasteuriser ?

Cependant, pour pouvoir offrir au consommateur sa parfaite sécurité initiale le lait pasteurisé doit être l'objet de soins qui ont une importance capitale.

Il doit être :

1° Refroidi immédiatement à une température nettement plus basse, et conservé à cette température jusqu'à sa livraison.

2° Gardé à l'abri de toutes souillures, de tous réensemencements. Nous verrons que seule, la mise en bouteille réalise cette condition.

La réfrigération

La réfrigération que doit subir le lait de suite après son chauffage, a pour but de le conserver ainsi jusqu'à sa consommation, qui ne peut être immédiate.

Le froid ne dénature pas le lait, mais il lui conserve sa qualité de produit frais. Il agit en ralentissant les

activités microbiennes et les phénomènes diastasiques. Il ne tue pas, il endort. Cette action est d'ailleurs immédiatement réversible. La réfrigération stabilise le lait chauffé, gêne les microbes et les spores qui pourraient survivre à l'action de la chaleur, les empêche de se multiplier, de sécréter leurs toxines, de décomposer le lait. C'est ce même souci qui doit guider également le producteur à refroidir son lait dès la sortie de la mamelle. Enfin la réfrigération diminue dans une certaine mesure les méfaits des réensemencements toujours possibles. Le lait après sa pasteurisation doit être immédiatement refroidi généralement à $+2^{\circ}$, ou $+3^{\circ}$ et maintenu ensuite en chambre froide à $+4^{\circ}$ jusqu'au moment de sa livraison.

Le type des réfrigérants couramment employé ces dernières années était le réfrigérant dit capillaire. C'est un réfrigérant à deux eaux. Le lait à refroidir est dans un récipient placé à la partie supérieure de l'appareil d'où il s'écoule sur la face externe ondulée du réfrigérant. A l'intérieur des tubes traversés dans les parties supérieures par de l'eau froide et dans les parties inférieures par de la saumure constituent la source froide.

Ces réfrigérants sont soit couverts, soit découverts : couverts, c'est-à-dire munis de volets mobiles qui viennent recouvrir les deux faces protégeant ainsi le lait contre toutes les poussières et condensations possibles. Les réfrigérants découverts devraient de préférence fonctionner, isolés des autres appareils, dans une salle spéciale où personne ne pénètre pendant le travail.

Actuellement, ces réfrigérants cèdent le pas à des

appareils dans lesquels le lait est complètement soustrait à l'action de l'air : nous en avons vu les avantages. Notons cependant que les réfrigérants capillaires restent tout à fait indiqués pour les laits de pasteurisation haute. L'aération, qu'ils subissent, permet la disparition des produits soufrés, volatils et fétides (hydrogène sulfuré et mercaptans) dus à l'altération de la caséine et de l'albumine, et qui donnent à ce lait son goût de cuit.

Les appareils actuellement utilisés sont les mêmes appareils échangeurs de température à plaques, ou à systèmes tubulaires, dont nous avons envisagé le principe à propos du préchauffage. Un double avantage explique leur extension dans l'industrie laitière. En effet ces réfrigérants permettent d'une part de soustraire le lait à tout contact avec l'atmosphère environnante, d'autre part de réaliser une économie de calories et de frigories. En effet, ces appareils sont des réfrigérateurs pour le lait chaud qui vient d'être pasteurisé et qui cède ses calories au lait froid dont il assure ainsi le réchauffage. La réfrigération se complète dans une autre portion de l'échangeur par échange de calories du lait déjà refroidi, mais encore chaud avec des frigories d'une eau froide ou d'une saumure réfrigérée.

Le lait refroidi doit être ensuite maintenu, soit dans des bacs, soit dans des bidons, soit en bouteilles, en chambre froide à +4 degrés.

La livraison rapide se fera par des moyens de transports isothermes : camions, wagons. Si l'on ne dispose pas de ces moyens perfectionnés, l'emploi de la glace ou de l'eau froide devra maintenir le lait à basse température.

Hygiène du lait

Cette hygiène consiste à éviter tout réensemencement. Comme le disait Ayers : « La protection contre la réinfection est d'une importance au moins égale à la valeur du chauffage au point de vue de l'efficacité de la pasteurisation ».

Or, nous allons le voir, ces réensemencements sont à peu près inévitables du fait des manipulations que subit successivement le lait à la laiterie, à la livraison, et même chez le consommateur.

A la laiterie, les mauvaises conditions de travail expliquent l'infection fréquente du lait. Dans de nombreuses installations son traitement s'effectue en plein air, l'exposant ainsi à une atmosphère chargée de ferments lactiques et de tous les germes du milieu extérieur, à la souillure par les condensations de la vapeur vive qui draine toutes poussières. Porcher, guidé par un souci d'hygiène logique écrit : « Le travail de la pasteurisation doit se faire dans une enceinte close où le lait doit circuler à l'abri de l'air ».

De plus ce lait est l'objet de manipulations constantes de la part d'ouvriers à qui on ne peut demander d'être aseptiques, à qui il est quelquefois difficile d'inculquer d'élémentaires règles d'hygiène. Enfin, tant que l'état sanitaire du personnel des laiteries ne sera pas officiellement contrôlé, il constitue un danger toujours possible pour le consommateur. De nombreuses épidémies ont trouvé là leur origine.

Il faut également mettre en cause le matériel. Sa

propreté laisse trop souvent à désirer : il importe pour conserver un lait sain de le mettre dans des récipients non pas simplement rincés, mais nettoyés, lavés, séchés. On ne saurait trop insister sur cette nécessité d'utiliser des récipients secs pour ne pas souiller un lait assaini, avec l'eau de rinçage chargée de germes, qui reste encore au fond du bidon. Il nous souvient d'avoir vu à la Société Laitière Moderne de Lyon des bidons subir un complet nettoyage, puis être, dans un même appareil, stérilisés à la vapeur, égouttés puis séchés. C'est un exemple à suivre.

Cependant quelles que soient les précautions prises, il paraît difficile même à l'entreprise laitière la mieux perfectionnée de soustraire son lait assaini à tout réensemencement. Cette impossibilité pratique suffit à justifier l'emploi et même la nécessité de la mise en bouteille du lait à sa sortie des appareils.

A la livraison, les risques de pollution du lait s'aggravent encore. Sans entrer dans les détails, que ce lait soit livré chez l'épicier, ou par le vendeur de rue les dangers sont les mêmes. Les jattes douteuses, toujours ouvertes, où l'on puise pour chaque client un lait que contaminent le voisinage des primeurs terreux, les poussières du magasin, les mouches dont on méconnaît trop souvent le rôle propagateur, le défilé incessant des clients..., les bidons sur la carriole qui s'arrête devant chaque maison, la mesure qui trempe dans le lait, les mains sales du laitier... Voilà ce qu'il faut éviter.

La mise en bouteilles est plus sûre, plus pratique et relativement peu chère.

Le consommateur lui-même compromet souvent la qualité de son lait par un manque de précautions élémentaires. Combien peu savent, par exemple, conserver leur lait au frais dans un récipient ébouillanté au préalable puis soigneusement bouché.

Il existe à l'égard du lait une foule de petites pratiques d'hygiène qui échappent au consommateur français surtout, et qui nécessitent, pour lui, l'emploi d'un lait mis en bouteille dès sa sortie du réfrigérant.

Vente en bouteilles du lait pasteurisé

La vente en bouteilles du lait pasteurisé est sinon la règle du moins chose courante à l'étranger. Les considérations hygiéniques ont convaincu l'industriel et le consommateur de sa nécessité. En France des considérations d'ordre économique font que cette vente est l'exception.

La nécessité de cette vente en bouteilles s'impose au simple raisonnement. « Il serait véritablement absurde de mettre un lait assaini dans les meilleures conditions, dans des récipients où infailliblement il risquerait de sa polluer (Porcher) ».

Laisser le lait pasteurisé en but au réencement de l'industriel, du marchand, c'est perdre tout le bénéfice d'une pasteurisation impeccable.

Le lait doit être mis en bouteilles à la sortie même du réfrigérant. Dans ce but il est généralement porté dans des bacs qui vont servir à alimenter des appareils pour le remplissage et le capsulage automatique des

bouteilles. Ainsi ce lait s'il est conservé au frais peut arriver intact au consommateur. Mais il importe alors que les bouteilles soient parfaitement lavées, nettoyées : or, ce lavage est toujours rendu difficile par les dépôts que laisse le lait sur la paroi intérieure des flacons : le consommateur, pour les éviter, n'aurait qu'à rincer sa bouteille après l'avoir vidée ; il le fait rarement. La livraison en bouteille exige donc de l'industriel une installation pour leur nettoyage, facile, sûr à conduire, d'un rendement horaire important et qui assure en même temps la parfaite sécurité du lavage.

Ces appareils effectuent généralement des rinçages successifs à la soude chaude de plus en plus concentrée, puis à l'eau chaude, puis à l'eau froide. C'est pour l'industrie une grosse charge, un lourd amortissement.

Notons que souvent les bouteilles en verre trop fragiles ont été remplacées par des récipients métalliques — en aluminium le plus souvent — ou cartonnés, tapissés généralement de feuilles d'aluminium. Quels qu'ils soient ces récipients doivent présenter des surfaces lisses offrant un maximum de facilité pour leur nettoyage.

Tous les partisans de la vente en bouteilles ont également mené une campagne sur la nécessité de construire tous les récipients sur un même type. C'est ainsi qu'en Allemagne où ce résultat a été obtenu, toutes les bouteilles d'un litre, demi ou quart de litre ont la même ouverture ; leur nettoyage et surtout leur capsulage peut ainsi être réalisé par les mêmes machines. Enfin notons que nombres d'entreprises livrent leur lait en récipients perdus, cartonnés le plus souvent.

Si cette livraison en bouteilles est la règle aux Etats-Unis, elle est en France laissée à l'initiative de quelques particuliers que, ni les pouvoirs publics, ni les consommateurs ne cherchent à aider. Nous avons sous les yeux le très bel exemple de M. Vieilly à Grenoble qui au sortir du réfrigérant met son lait dans des pots conçus par lui en aluminium, munis d'une bande certifiant le contrôle chimique et bactériologique sur la foi d'analyses faites sur les échantillons prélevés. *Mais il ne s'agit là que d'essais s'adressant à une faible partie de son débit.* La faute en est au consommateur qui ne semble pas comprendre toute la garantie hygiénique d'un tel lait, ou qui recule devant le prix d'une consigne.

Il existe cependant une méthode plus hygiénique encore, mais plus coûteuse et partant beaucoup moins employée malgré ses nombreux avantages. C'est la pasteurisation du lait en bouteilles. L'Allemagne seule semble l'avoir réalisée sur une grande échelle.

Le principe se trouve dans l'appareil de pasteurisation de ménage, d'Orla-Jensen réalisé dès 1905. C'est un bain-marie dans lequel on place des bouteilles de lait et qui contient une quantité suffisante d'eau pour qu'une température de 63° environ puisse être maintenue pendant une demi-heure sans chauffage. C'est le même principe qui guide ce que nous appelons la soxheltisation pour la préparation des biberons de l'enfant. D'après Orla-Jensen, si les bouteilles de lait sont chauffées avec l'eau froide sur une flamme de gaz jusqu'à une température de 65° et si l'on éteint ensuite le gaz, on obtient les températures suivantes :

Immédiatement dans l'eau 65°, dans le lait 59°

Après 6 min. dans l'eau 64° 1/4, dans le lait 63° 1/4

Après 15 minutes, dans l'eau 63° 1/2, dans le lait 64°

Après 30 minutes dans l'eau 63°, dans le lait 63°

Ainsi on réalise une température de 63 à 64° pendant 25 minutes. C'est une pasteurisation basse. Le refroidissement a lieu lorsque l'eau chaude fait petit à petit place à l'eau froide.

La réalisation pratique a retenu dans l'industrie diverses modalités ; il s'agit toujours d'un lait filtré et cru qui est mis en bouteilles cachetées. Les bouteilles seront obligatoirement en verre : celui-ci sera pasteurisé en même temps que le lait. Cependant il est bien évident que ces bouteilles seront l'objet des mêmes soins de propreté que s'il s'agissait d'y introduire du lait préalablement pasteurisé.

Une première technique consiste à porter des bouteilles scellées dans une chambre où une pluie d'eau chaude ou de la vapeur vont porter la température à 63°. Un appareil enregistreur, dont la partie sensible plonge dans une bouteille de lait servant de témoin, en assure la régularité. Après 30 minutes de chauffage, on substitue une pluie d'eau froide à la pluie d'eau chaude ou à la vapeur détendue.

Une autre technique utilise l'appareil de Bary Wihmüller ; les bouteilles remplies et scellées aseptiquement sont placées dans des casiers qu'une chaîne sans fin, porte dans des bacs successifs où l'eau, de plus en plus chaude, les maintient pendant le temps voulu à une température donnée. Après le chauffage les casiers sont placés dans des bacs d'eau froide.

Enfin on a également utilisé un procédé qui consiste à préchauffer le lait et à le mettre alors dans des bouteilles d'acier pour augmenter la vitesse de la pasteurisation et par suite le rendement des appareils.

La pasteurisation en bouteilles de verre sans chauffage constitue sans contredit la méthode la plus hygiénique. Ses avantages en sont multiples : le lait n'a aucun goût métallique, n'étant pas en contact avec du métal pendant le chauffage. Privé de tout contact avec l'air, il garde presque intégralement sa teneur en acide carbonique et en vitamines. Soustrait à tout travail mécanique (remuage, pompage) la montée de sa crème est intacte : tous réensemencements sont évités après la pasteurisation ; enfin le fait que la bouteille déjà propre est également pasteurisée augmente les garanties de ce lait.

Cependant dans la plupart des cas ces méthodes ont été abandonnées, parce que plus coûteuses. On est revenu au lait pasteurisé et refroidi avant la mise en bouteille. C'est déjà là un très gros progrès, qui mérite plus d'attention de la part des pouvoirs publics, de l'hygiène et une campagne en sa faveur plus active en France tout au moins.

Ajoutons que, du point de vue commercial, la mise en bouteilles, qu'il s'agisse d'un lait pasteurisé avant ou après, présente l'immense avantage d'éviter les fraudes fréquentes, si faciles et bien tentantes du mouillage et de l'écémage. Ce lait doit d'ailleurs également tomber sous le contrôle des services chargés de la défense de la santé publique, car son impeccable présentation ne doit pas servir de fausse garantie.

De plus cette présentation en bouteilles de petites dimensions permet de nombreux débouchés dans les restaurants et cafés.

La pratique commerciale a reproché à la méthode l'augmentation du poids pour les transports partant, du prix de revient. En effet, le chemin de fer calcule d'après le poids de l'envoi : or 100 litres de lait en 5 bidons de 20 litres ou en un bidon de 100 litres pèsent 150 Kilogs, en 100 flacons de 1 litre ils pèsent 300 kilogs, en 200 flacons d'un demi-litre, 350 kilogs.

Cette augmentation du poids des transports est réduite pour les flacons en aluminium ou en carton. Toutefois l'augmentation de prix d'un tel lait ne doit pas prévaloir sur la garantie qu'il offre au consommateur. Le lait produit de première nécessité ne doit pas forcément être bon marché.

Des critères d'appréciation d'un procédé de pasteurisation

Si le principe de la pasteurisation est généralement admis, les appareils qui la réalisent sont souvent discutés. De fait, ces dernières années ont vu apparaître une multitude d'appareils nouveaux, réalisation plus ou moins parfaites d'un principe un peu vague. Il importe donc à l'hygiéniste, comme à l'industriel consciencieux de juger, avant de l'adopter, un procédé de pasteurisation. Dans ce but Stassano, déjà au Congrès du lait de 1931 à Copenhague, a attiré l'attention sur la nécessité d'un choix de critères à la fois scientifiques et pratiques.

Avec lui nous reconnaitrons la valeur d'un procédé de pasteurisation à trois groupes de critères bien distincts. A propos de chacun d'eux nous envisagerons les résultats obtenus par les divers procédés couramment employés.

A. Premier groupe : visant la conservation commerciale du lait et son assainissement.

B. Deuxième groupe : visant l'examen du lait lui-même.

C. Troisième groupe : Critères économiques des traitements thermiques.

Conservation commerciale du lait et son assainement

Nous envisagerons comme critères :

1. LE GOUT DU LAIT : SON ODEUR, SON APPARENCE doivent être aussi peu différents de ceux du lait cru. Il convient surtout d'éliminer le goût de cuit, dont nous avons déjà parlé, des laits de pasteurisation haute surtout.

Les laits de pasteurisation basse et les laits stassanisés ne présentent pas d'altération de goût. Des expériences délicates de dégustation effectuées à Hillrod, n'ont pas permis de donner des résultats précis. Notons en passant que l'odeur de vache du lait cru, si appréciée, n'est généralement dû qu'à la présence de matières excrémentielles.

2. DÉTERMINATION DU POURCENTAGE D'ALBUMINE COAGULÉE. Il faut pour cette détermination connaître d'une part le taux de l'albumine dans le lait cru, et employer une méthode sûre, car on peut obtenir sur une même matière première des chiffres très différents. C'est ainsi que sur un lait traité par son appareil et en utilisant sa méthode Stassano obtient un pourcentage de 8 % d'albumine coagulée à Hillrod et de 20 % à Strasbourg.

Ce pourcentage doit être pour le lait chauffé le plus faible possible. Dans ce dosage d'albumine coagulée, Christen trouve un taux de 20 % pour le procédé en

couche mince, de 36 % pour la pasteurisation basse, enfin de 80 % pour la pasteurisation haute. Des recherches effectuées sur le lait stassanisé, à Hillrod, il ressort que le chauffage ne modifie que très légèrement la composition du lait, mais on a trouvé une moins grande proportion d'azote de la caséïne dans le lait stassanisé que dans le lait brut, ce qui doit certainement être attribué à la séparation de l'albumine et de la globuline, car des études spéciales de la proportion de ces composés azotés ont montré une diminution d'environ 8 % dans le lait stassanisé. Il semble que la stassanisation n'ait pas d'influence appréciable sur la faculté naturelle de coagulation du lait.

3. DURÉE DE LA CONSERVATION COMMERCIALE appréciée par les données de la pratique ou plus scientifiquement par la conservation en récipients stériles à 30°.

L'industrie doit compter sur une durée de conservation de 36 à 48 heures, avec quelques variantes suivant les conditions mêmes de cette conversation.

A Hillrod, cette question de la conservation a été étudiée dans un très grand nombre de cas, comparativement avec du lait brut et avec du lait ordinaire pasteurisé à haute température (90°). Les résultats de ces essais est que les divers échantillons de lait, après avoir été chauffés et refroidis à des températures variant entre 10° et 15° ont montré les propriétés de conservation relevées dans le tableau ci-dessous après repos en ballons stériles bouchés avec de l'ouate à la température de 16° à 20°.

		Lait brut	Lait stassanisé	Lait pasteurisé à haute température
Conservé 24 h.		aigre	frais	frais
» 48 h.		coagulé	frais	mauvaise odeur cuit
» 72 h.		complètement caillé	léger mauvais goût	putréfié

Après 72 heures le lait stassanisé avait aussi un assez mauvais goût quelque peu métallique, mais ses propriétés de conservation ont toujours été supérieures à celles des deux autres laits. En France l'absence d'expériences n'a pas permis de contrôler ces résultats.

4. LE DÉNOMBREMENT DES GERMES dans le lait pasteurisé établit ce qu'on appelle le « *coefficient d'efficacité* » d'un procédé de pasteurisation. Il réside dans le dénombrement desensemencements de lait, en gélose lactosée, en gélatine..., dans des boîtes de Petri ou en plaques de Boëz. Les résultats suivants d'une comparaison de deux laits, obtenus par Christen, donneront une idée de la méthode :

Examen des ensemencements en gélatine pratiqués
avec un lait :

de pasteurisation haute	de pasteurisation basse
dénombrement après 3 jours et demi	dénombrement après 3 jours et demi
1.000.000 de colonies par cm ³ de lait	25.000 colonies par cm ³ de lait
dénombrement après 4 jours et demi	dénombrement après 4 jours et demi
1.070.000 colonies par cm ³ de lait	47.000 colonies par cm ³ de lait

L'auteur note que les colonies du lait de pasteurisation haute sont plus précoces et atteignent des dimensions plus grandes alors que dans le lait de pasteurisation basse les colonies apparaissent moins précoces et atteignent des dimensions plus réduites.

Ces résultats nous montrent que dans un lait de pasteurisation haute si le nombre des germes détruits est considérable, il s'y trouve des microbes qui par leur précoce et rapide développement semblent avoir échappé complètement à l'action du chauffage.

Les expériences faites à Hillrod sur les numérations des bactéries par centimètre cube de lait brut et stassanisé ont donné les résultats suivants :

Lait brut : moyenne de 4.833.566 colonies au cm^3

Lait stassanisé : moyenne de 2.597 colonies au cm^3 .

Les expérimentateurs concluent à un effet de la pasteurisation de 99,94 %.

En fait cette méthode des dénombrements microbiens semble avoir surtout une valeur comparative. Il faut tenir compte de la dimension, de l'évolution des colonies plutôt que de leur nombre. Les bactériologistes laitiers s'accordent sur la difficulté qu'il y a de fixer des données précises à ce critérium. Stassano précise qu'avec un maximum de précautions, le bactériologiste n'arrive jamais à des résultats identiques pour un même lait. C'est pourquoi il a renoncé à ce critérium lui préférant la mesure de l'acidité.

5. MESURE DE L'ACIDITÉ DU LAIT PLACÉ A L'ÉTUDE.

Le principe est le suivant : après une pasteurisation rationnelle, la flore bactérienne subsistant est surtout

constituée par les ferments lactiques. Le degré d'acidité dû à la culture d'un lait prélevé en tubes stériles et mis à l'étuve à 37° permet des déterminations exactes et comparables.

On note les accroissements de cette acidité en fonction du temps. Les déterminations se font de 3 en 3 heures.

La marche de cette acidification pour un lait pasteurisé doit être très lente jusqu'à 3 à 5 heures.

Les expériences de Stassano montrent que l'acidité lactique exprimée pour plus de précisions en degrés Soxhelt, après 18 heures d'étuve est de 39° S (87° D) pour le lait cru, de 32° 2 S (68° D) pour le lait de pasteurisation très haute et respectivement de 15° 2 S (34° D) et de 10° 2 S (23° D) pour le lait de pasteurisation basse et de pasteurisation en couche mince.

Notons avec l'auteur que pendant la fermentation lactique il se fait aussi beaucoup d'acide carbonique qui explique des degrés si élevés de l'acidité.

6. RECHERCHE DU BACILLE COLI. Le bacille coli se trouve toujours en grande quantité dans tous les laits crus. Quel que soit le rôle pathogène qu'on lui attribue, sa présence dans un lait atteste la malpropreté qui a présidé à la récolte et aux manipulations. De plus certains auteurs lui attribuent les fièvres d'origine alimentaire de l'enfant, mises le plus souvent au compte d'un aliment altéré. C'en est assez pour justifier l'importance attachée à sa disparition dans un lait pasteurisé. Sa disparition est plus significative encore; elle constitue un point de repère, un indice de la des-

truction des germes plus pathogènes ayant à peu près le même degré de résistance que lui à l'action de la chaleur : les *Brucella* (60°), le bacille diphtérique (bacille de Lœfler 55°), le virus de la fièvre aphteuse (60°), le bacille d'Eberth (58°3).

L'absence du bacille coli et paracoli permettra donc de garantir, pour une bonne part l'assainissement d'un lait pasteurisé. Elle peut se faire par l'examen des cultures (méthode Stassano) ou mieux par la méthode au rouge neutre de Rochaix, appliqué au lait par Th. Vassileff.

7. RECHERCHES DU STREPTOCOQUE MASTITIDIS, DES STREPTOCOQUES HÉMOLYTIQUES. Cette recherche a une grosse importance au point de vue hygiénique. Jusqu'à nos jours on avait méconnu le danger de la présence du streptocoque mastitidis dans les laits qu'expliquent facilement la fréquence des mastites et leurs formes latentes. Ce streptocoque a une résistance au chauffage un peu supérieure à celle du bacille coli et se rencontre assez souvent dans les laits de pasteurisation basse.

Le chauffage doit assurer sa destruction, avec d'autant plus de raisons qu'il est souvent confondu avec des espèces beaucoup plus dangereuses telles les streptocoques hémolytiques, *S. puerpéralis*, *S. érysipélatis* et *S. epidemicus* de l'angine infectieuse.

8. LE CONTRÔLE DE LA DISPARITION DE LA CONTAGIOSITÉ D'UN LAIT NATURELLEMENT TUBERCULEUX.

Le bacille de Koch ne doit jamais se rencontrer dans un lait bien pasteurisé.

Ce contrôle se fait par l'inoculation à des cobayes d'un lait naturellement tuberculeux. L'évolution ou la non évolution de lésions tuberculeuses sur les animaux inoculés juge l'efficacité de la pasteurisation. Stassano fait remarquer qu'il faut éviter la mort des cobayes témoins par infections secondaires, avant l'évolution de lésions tuberculeuses. Dans ce but il recommande un chauffage préalable modéré de ce lait cru ou l'addition bien dosée d'un antiseptique (Bang : antiformine).

Nous verrons les résultats obtenus par les différents procédés de pasteurisation, à propos des laits tuberculeux.

Ces différents critères donnent à l'hygiéniste un maximum de garantie quant à la conservation et à l'assainissement qu'assure un procédé de pasteurisation du lait.

Examen du lait lui même

La pasteurisation doit toucher au minimum à la structure intime du lait et livrer un lait qui à ce point de vue soit aussi semblable que possible à un lait cru.

1. DONNÉES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES. Il s'agit là de données subtiles, difficiles à apprécier et nécessitant, pour ce faire, un appareillage coûteux. Il faut se borner à quelques épreuves de pratique courante, d'ailleurs suffisamment probantes : la détermination de la viscosité, du PH, des diastases.

La viscosité : Le lait chauffé présente une augmen-

tation de viscosité proportionnelle à la durée du chauffage. C'est ainsi que la viscosité relative d'un lait cru étant de 1,69 est de 1,72 dans le lait de pasteurisation en couche mince, de 1,74 pour le lait de pasteurisation basse et de 1,76 pour le lait de pasteurisation haute.

Le PH : Le PH d'un lait cru (6,5 à 6,8) devient d'autant plus bas qu'il a été plus modifié par le chauffage. L'augmentation de cette acidité ionique est malheureusement assez peu appréciable par les méthodes colorimétriques.

Les diastases : les diastases du lait cru sont tués par le chauffage, la peroxydase à 80°, la réductase et la catalase entre 80 et 90°, l'amylase à 64, 65°.

A l'inverse des autres diastases qui sont d'origine microbienne, la peroxydase est une diastase leucocytaire. C'est pourquoi Stassano pense que moins la peroxydase sera touchée meilleure sera la conservation de tous les équilibres du lait et des autres principes biochimiques qu'il renferme. Or, si la pasteurisation haute détruit la peroxydase, la pasteurisation basse ne fait que l'atténuer et moins encore le procédé de la couche mince.

La réaction de Storch qui servit longtemps de diagnostic différentiel entre le lait pasteurisé et le lait cru nous permet d'apprécier le degré d'atténuation de la peroxydase. Moins elle sera touchée, moins la nature intime du lait sera altérée. La réaction de Storch devient ainsi un critérium de l'assainissement d'un lait.

2. CAILLAGE DU LAIT PAR ADDITION DE PRÉSURE. Le chauffage à une température modérée, loin de retarder le caillage du lait, l'active nettement. Mais le lait

chauffé à 70° montre la même sensibilité à la présure que le lait cru ; puis au-delà de 70° l'action empêchante de la chaleur croît progressivement.

Nous demanderons donc simplement au lait pasteurisé de garder l'aptitude à cailler par la présure du lait cru.

3. SÉPARATION SPONTANÉE DE LA CRÈME DANS LE LAIT AU REPOS.

Si une bonne séparation de la crème donne au consommateur la certitude d'un non écrémage, elle prouve aussi la parfaite intégrité de la structure du lait. Elle constitue donc la démonstration d'une bonne pasteurisation, au point qu'aux Etats-Unis, où nous avons vu l'importance attachée à la ligne de crème, c'est le test de tout procédé de pasteurisation : c'est celui qui fut à la base de l'emploi de la pasteurisation basse.

Cette ascension de la crème est retardée par le chauffage excessif. Elle manque, en effet, dans les laits de pasteurisation haute. Mais comme pour le caillage par la présure, il existe une température optima pour laquelle la séparation de la crème est plus précoce que dans le lait cru (Stassano) et la couche plus épaisse (W. Reid). Pour arriver à ce résultat il faut exiger d'un procédé des limites étroites de température, de durée et de conditions de chauffage. W. Reid les a précisées : « la hauteur de la colonne de crème diminue avec chaque accroissement de la température de pasteurisation à partir de 61° de température qui fournit en moyenne 0,47 % en volume de crème de plus que la température de 60° ».

Cependant A.-C. Dahlberg et J.-S. Marquardt à la station d'expérience de New-York à Genève, ont montré qu'un lait chauffé à 71° , mais très rapidement, ne présente pas de réduction appréciable de la ligne de crème.

Les expériences faites à Hillrod montrent que la montée de la crème n'est pas aussi forte dans le lait stassanisé que dans le lait brut, mais qu'elle est supérieure à celle du lait pasteurisé à haute température. La raison de la plus faible montée de la crème peut certainement être attribuée au fait que, pendant le passage à travers la tuyauterie longue et étroite a lieu une certaine homogénéisation, qui réduit les globules de matière grasse et qui rend difficile leur ascension à travers le sérum du lait.

4. PRÉSENCE D'ACIDE CARBONIQUE ET AÉRATION DU LAIT.

Nous ne reviendrons pas sur l'importance de la conservation de l'acide carbonique dans le lait, envisagée précédemment. Rappelons seulement que le lait qui s'appauvrit en acide carbonique, s'enrichit en oxygène, qui lui donne son goût, attaque ses vitamines aidant ainsi à la diminution de sa valeur alimentaire.

Un bon procédé de pasteurisation doit donc conserver le plus complètement possible son acide carbonique et éviter toute aération du lait traité.

5. CONSERVATION DU POUVOIR BACTÉRICIDE. Bien que la preuve expérimentale n'en ait jamais été donnée, les auteurs admettent un principe lytique du lait agissant pendant plusieurs heures après sa traite, à la

façon d'un véritable anticorps microbien. Notons que ce pouvoir bactéricide, dont on ignore exactement la nature, n'est pas dû à l'agglutinine du lait détruite à 53°, alors qu'à cette température le principe lytique survit.

En tout cas l'existence de ce principe dans un lait pasteurisé montre combien il a été peu modifié dans sa structure par ce chauffage. La pasteurisation en couche mince répond à ce critérium.

6. CONSERVATION DES VITAMINES. La destruction des vitamines par la chaleur fut la grosse critique faite aux premières pasteurisations. Un lait bien pasteurisé doit conserver ses vitamines. Les recherches de laboratoire se heurtent à la difficulté d'obtenir des résultats sûrs. En ce qui concerne l'effet du chauffage sur les vitamines, il n'y a aucune donnée scientifique précise.

Hopkins déclare que la vitamine B peut être considérée comme la plus stable des 4 ou 5 vitamines que nous connaissons en présence de la chaleur et de l'oxygène : elle résiste au point d'ébullition. Mac Collum, Glodblatt et Zilva ont affirmé que la vitamine A et le principe antirachitique (vitamine D) n'était pas plus atteintes par la pasteurisation. La vitamine C semble beaucoup sensible : elle est détruite par la pasteurisation lente (Barthel), mais cette destruction est due, de l'avis de tous les auteurs, comme dans tous les procédés de chauffage à l'air libre, à une oxydation dont nous avons déjà vu toute l'importance et qui peut attaquer les vitamines les plus résistantes.

Cependant M. Stassano a montré qu'un lait stéri-

lisé en couche mince à 140° conservait à peu près intact, les vitamines A (antixerophtalmique de Mac Collum et Davis), B (antibériberique de Funck) et C (antiscorbutique).

Répondant à une simple déduction, des expériences du professeur Frédérica ont montré leur persistance dans le lait pasteurisé à 75° en couche mince.

Ajoutons que les expérience de Schwartz, Murphy et Cox ont montré que la pasteurisation en présence de cuivre provoque la destruction de 80 à 90 % de la vitamine C et de 20 à 40 % dans la pasteurisation en présence d'aluminium.

Enfin il est bon de rappeler que la teneur du lait en vitamine C est peu importante et presque nulle quand la vache est à l'étable pendant l'hiver.

7° RECHERCHE DES PRODUITS DE VIE DES COCCUS LACTIQUES THERMOPHILES ACIDO-PROTÉOLYTIQUES.

Le développement de ces bactéries termophiles qui ne semblent pas contraire à l'hygiène du consommateur (Prickett, Yale) doit cependant être réduit au minimum dans un lait bien traité. Il s'observe surtout à la faveur d'un chauffage prolongé à 62°8 et du passage continuel pendant quelques heures d'un courant de lait chaud dans les appareils de pasteurisation, comme l'ont montré Prickett, Breed et Yale. Leur recherche se font par des énumérations effectuées sur plaques d'agar et des numérations microscopiques directes du lait. Ce sont là les méthodes les plus employées par le contrôle du lait dans les laboratoires d'hygiène des Etats-Unis et du Canada.

Ces recherches sont négatives pour les laits de pasteurisation haute.

Robert S. Breed et M. W. Yale n'ont pas trouvé, dans leurs recherches sur la pasteurisation à température élevée et de courte durée, un développement excessif de thermophiles, qui semblent mal se développer à 72°, bien que dans les diverses parties de l'outillage où circule le lait dans une installation, il rencontre une température plus favorable.

Critériums économiques des traitements thermiques

Ces facteurs, que nous ne ferons qu'énumérer, sont à envisager au double point de vue du prix de revient et de la garantie de l'assainissement, but de la pasteurisation.

1. LA FACILITÉ DU NETTOYAGE doit être maxima : nous l'avons envisagé à propos des procédés.

2. LA CONDUITE DES APPAREILS doit être facile et sûre. Or, nous avons vu que l'emploi de la vapeur dans la pasteurisation haute nécessitait une surveillance de tous les instants. La pasteurisation basse se sert d'appareils enregistreurs, d'appareils redresseurs. L'industriel est toujours à la merci d'une défaillance de cette automatisme. Dans la stassanisation, l'agent thermique est l'eau chaude et il paraît plus facile d'assurer la constance de la température dans le calorisateur.

3° LES LOCAUX : suivant lesquels varient les frais de constructions ou locations et d'entretien.

Nous avons vu que si la pasteurisation basse, par son dispositif en cascade, préconisé par les Américains, exige des bâtiments à plusieurs étages, ceux-ci ne sont nullement nécessaires pour les installations de pasteurisation haute ou de stassanisation : c'est là un gros avantage économique.

4° Enfin le PRIX DE L'APPAREIL même, la durée de son usage constituent également un des facteurs du prix de revient, compréhensible point de vue de l'industriel. Ce lait pasteurisé, malgré les nombreux frais qui grèvent son prix de revient, ne peut encore être vendu en France un prix plus élevé que le lait courant. Le consommateur, pour avoir un lait moins cher, risque d'avoir un lait plus dangereux.

L'examen sérieux de ces trois groupes de critères envisagés semble permettre de se faire une opinion exacte de la valeur d'un procédé de pasteurisation.

Il conviendrait de voir établie et fixée, en un vaste test unanimement reconnu, une liste des recherches à faire, avec les méthodes scientifiquement précisées qu'elles demandent, pour juger la valeur d'un procédé ou d'un appareil de pasteurisation.

C'est à un tel ensemble de critères, chacun d'eux étant scientifiquement mis au point, que devront avoir recours les services d'hygiène municipaux pour le choix, puis le constant contrôle d'une méthode de pasteurisation lorsque, le temps aidant, celle-ci deviendra obligatoire, dans les grandes villes tout au moins.

Mais les villes françaises, si l'on excepte Strasbourg, n'en sont pas encore là. L'emploi de ces critères est laissé à l'initiative, de bon intérêt, ou à la conscience de l'industriel : celui-ci sait ainsi par le choix et la conduite de son appareil, s'il fournit un lait offrant un maximum de garantie à l'hygiène : à savoir un lait :

- sans goût de cuit ;
- à faible proportion d'albumine soluble coagulée ;
- de bonne durée de conservation commerciale ;
- d'acidification très lente dans les premières heures ;
- privé de tout bacille coli, de bacille mastitidis de streptocoque hémolytique ;
- privé de bacille de Koch ;
- d'acidité égale à l'acidité initiale du lait cru ;
- à bonne conservation de l'aptitude du lait à cailler par la présure ;
- à couche de crème spontanée, précoce et épaisse ;
- à conservation de la peroxydase.

Nécessité de la pasteurisation

La santé publique exige un lait pur et sain : les laits courants du commerce sont sales et microbiens.

Sales du fait des pollutions multiples à la faveur de circonstances qui sont toujours le fait de l'homme, quelles qu'elles soient : traite sale, étable mal tenue, récipients souillés. Le Docteur-Vétérinaire Loth, dans sa thèse sur les malpropretés visibles du lait, nous étonne à chacune de ces trouvailles (poils, excréments, poussières, etc...) ; il en est d'étranges. Il compte une moyenne de 0 gr. 062 d'impuretés par litre de lait. Notons cependant que depuis l'application du décret du 25 mars 1924 condamnant les laits malpropres, ceux-ci ont fortement diminué. Des statistiques officielles qui, en 1922, donnaient une proportion de 67 % de laits malpropres, donnent maintenant des proportions de 8,10 à 15 % suivant les provenances.

Microbiens — du fait d'un contagé d'origine animale ou humaine. C'est ainsi qu'on rencontre dans le lait, à côté d'une vaste flore banale, le bacille tuberculeux, des streptocoques virulents, le bacillus abortus Bang, le bacille typhique, les paratyphiques A et B...

Rappelons après Miquel, Directeur du Laboratoire de Bactériologie de Paris, qu'un lait récolté en octo-

bre à 6 heures du matin contient deux heures après sa traite 9.000 bacilles au cm^3 . Neuf heures après 160.000 bacilles au cm^3 , vingt-quatre heures après 5.600.000 bacilles au cm^3 : après Szasz ; que les laits marchands de Budapest renferment en moyenne 1.050.300 bacilles au cm^3 : après Kufferath ; qu'à Bruxelles 46 % des laits renferment plus de 1.000.000 de germes au cm^3 .

En France, faute d'analyses bactériologiques, on ignore le plus souvent la teneur bactérienne de nos laits quotidiens. Cependant la Société Ofco publie les résultats de plusieurs centaines d'analyses réalisées sur les laits du commerce : ils sont :

	Automne Hiver	Printemps Eté
Moins de 10.000 germes au cm^3	33 %	néant
De 10.000 à 100.000 germes au cm^3	33 %	34 %
De 100.000 à 500.000 germes au cm^3	21 %	34 %
De 500.000 à 5.000.000 de g. au cm^3	12 %	31 %

Au point de vue de la teneur en coli-bacilles, sur les mêmes laits, les résultats furent :

Plus de 10.000 coli au litre.....	76 %	82 %
De 100 à 1.000 coli au litre.....	24 %	18 %

Même connaissant la teneur élevée d'un lait en microbes, on use encore d'une grande indulgence à son égard. Une eau qui renferme 10.000 bacilles au cm^3 est considérée comme impure et dangereuse. « Un lait qui ne dépasse pas 10.000 germes par cm^3 est considéré comme bon. » (Vallée.)

Cependant ce lait est éminemment dangereux pour l'homme, il sert de vecteur à toute la flore microbienne et d'agent de transmission à de nombreuses

maladies, dont la plupart représentent pour l'espèce humaine un réel danger. Ajoutons que le lait nourrissant chaud, aéré, constitue pour le microbe un milieu de culture idéal. Nous ne voulons pour preuve de son danger que les nombreuses épidémies graves, les innombrables cas de contagion dont il est responsable. Aux Etats-Unis, par exemple, de 1881 à 1926, on signale 791 épidémies dont le facteur de propagation était le lait. Dans l'état de Massachusetts, au cours des années 1927, 1928, 1929, il y eut dix éclosions d'affections contagieuses d'origine lactée : 1.365 personnes furent atteintes, dont 68 moururent. Ces observations — beaucoup certainement passent inaperçues — pourraient se multiplier à l'infini.

Il faut donc de toute nécessité, pour la santé publique, assainir ce lait. Les méthodes de pasteurisation actuelles semblent nous donner un maximum de garantie qui, suivant la définition donnée, « détruisent la presque totalité de la flore banale, la totalité de la flore pathogène du lait ».

Avant d'envisager l'étude de cette efficacité de la pasteurisation, il nous a paru intéressant d'exposer ici les principes de la méthode prônée par les partisans du lait cru pour obtenir un lait pur et sain : LE CONTRÔLE HYGIÉNIQUE DU LAIT. Les premières tentatives sérieuses datent du xix^e siècle, elles furent faites aux Etats-Unis d'abord, puis en Australie. Les premiers résultats intéressants ne furent cependant obtenus que vers le début du xx^e siècle. Ce contrôle est de pratique courante aux Pays-Bas, en Italie, en Allemagne... En France, rien n'est prévu. Cependant,

dès 1896, un laboratoire fut créé à Paris par Girard pour examiner le lait au point de vue bactériologique. En 1897, Nice créa un service d'inspection des vacheries. Un nombre croissant de préfectures prennent, à partir de 1901 (Hérault) et de 1905 (Charente-Inférieure) des arrêtés en vue de réglementer la vente du lait et d'en améliorer la qualité. Tous les efforts législatifs ultérieurs faits dans ce sens ont échoué devant l'incompréhension et l'indifférence publique.

Les pays étrangers nous ont montré ce que devait être ce contrôle hygiénique du lait. Il comprend : 1° le contrôle hygiénique des étables ; 2° le contrôle hygiénique des laits à la consommation.

LE CONTRÔLE HYGIÉNIQUE DES ÉTABLES doit porter sur :

1° Les conditions inhérentes à l'exploitation et à l'étable.

2° L'état sanitaire (Tuberculine périodique) et l'état d'entretien des femelles laitières.

3° L'hygiène de la traite, de la récolte et de la conservation du lait.

Notons que ces trois contrôles peuvent être assurés pratiquement par un vétérinaire dans l'exercice de sa profession.

4° L'état sanitaire du personnel employé dans les étables.

En France, par une circulaire interministérielle du 15 novembre 1927, les services de l'agriculture et de l'hygiène ont prévu un tel contrôle de la production laitière. Mais ce contrôle hygiénique des étables est facultatif. Pour être efficace, il doit être obligatoire.

LE CONTRÔLE HYGIÉNIQUE DU LAIT A LA CONSOMMATION, dernière garantie du consommateur de lait cru, comporte :

1° Un certain nombre de prescriptions visant le transport, la livraison et le commerce de détail.

2° La détermination de l'état de conservation du lait.

3° La recherche des malpropretés visibles.

4° L'établissement du standard microbien des laits de consommation.

5° La détermination de la qualité des germes de ce lait.

En France, seule une ordonnance du Préfet de police du 15 mai 1930 prescrit, pour Paris seulement, un certain nombre de mesures d'hygiène dans le sens d'un tel contrôle.

Pratiquement donc, en France, ce contrôle hygiénique est à peu près inexistant. Mais, même dans les pays étrangers où la législation et les laboratoires le permettent, la production ne peut garantir un lait sans danger.

Quels que soient les soins multiples, les précautions minutieuses, tout lait, même le meilleur, même un lait certifié, peut être infecté. Infection, certes, plus restreinte, mais jamais négligeable pour la santé de l'homme. « Tant que la peau de la mamelle ne sera pas aseptique, tant que l'étable ne sera pas un laboratoire, tant que le trayeur ne sera pas un bactériologue, il faudra renoncer au lait cru aseptique. »

Les preuves en sont multiples. Citons, par exemple, la teneur bactérienne élevée des laits dits hygiéni-

ques, observée par le Docteur Nevot, Chef du Laboratoire du Lait aux Halles Centrales de Paris : Les nombreuses observations d'épidémies dues à un lait certifié ou à un lait hygiénique. Le Service d'Hygiène publique signale ainsi 31 épidémies en 1924 aux Etats-Unis. Ces observations sont nombreuses.

Il semble donc bien que seul un lait pasteurisé puisse offrir au consommateur toute sécurité. C'est ce que nous allons nous efforcer de montrer, en envisageant par le détail les maladies transmissibles à l'homme par le lait, et, à propos de chacune d'elles, à quel degré d'assainissement parviennent les différentes méthodes de pasteurisation.

Nous distinguerons dans ces laits dangereux deux groupes :

1° Les laits pathogènes du fait de l'organisme de la laitière.

2° Les laits pathogènes par pollutions après la traite.

Les laits pathogènes du fait de l'organisme de la laitière

qui peut être atteinte de :

A. — TUBERCULOSE

Nombreux sont les travaux qui démontrent le passage du bacille tuberculeux par le lait de vache. Certains auteurs admettent également qu'à la suite d'une bacillémie l'ultra virus tuberculeux de Fontes et

Vaudremer puissent, en l'absence de toutes lésions mammaires, rendre le lait virulent. Or, le cheptel bovin français est atteint de tuberculose dans une proportion assez grande dépassant 20 à 25 % dans certaines exploitations. On sait aujourd'hui que le lait de tout tuberculeux peut contenir des bacilles, même en l'absence de toute localisation à la mamelle : Hersberger trouve, sur 20 cas, 11 laits tuberculeux provenant de mamelles saines. Kempner et Rabino-witsch ont même montré que les vaches réagissant à la tuberculine sans aucun signe clinique donnaient un lait suspect. Mieux encore, Koubasoff Bongert et Ostertag ont signalé l'élimination bacillaire par la mamelle, à la suite d'inoculations virulentes destinées à la vaccination.

Enfin, le bacille peut encore provenir du milieu extérieur infecté ou des souillures ultérieures à la traite : c'est alors le bacille humain qui sera rencontré.

La virulence de ce lait n'est atténuée en rien par sa dilution avec un lait non bacillifère, même dans des proportions dépassant vingt à cinquante fois son volume, comme l'a démontré Gebbart. Schreider et Cotton, Ostertag ont montré qu'à une dilution de 1/1.000.000 l'inoculation au cobaye reste positive. Cette dilution est réalisée par les laits de mélange et de ramassages qui sont donc infectants dans la plupart des cas. On peut affirmer que tous les laits de consommation courante contiennent du bacille de Koch.

La question du danger de ce lait contaminé pour

l'homme a été et est toujours discutée. Pour nier son danger on a invoqué la rareté de la tuberculose intestinale ou mésentérique chez l'homme, l'imperméabilité de la muqueuse intestinale, enfin la résistance de l'homme au bacille du type bovin.

En fait, souvent la tuberculose ne laisse pas de lésions à la porte d'entrée : de plus si l'intestin de l'adulte paraît imperméable, à condition toutefois qu'il ne soit pas lésé, il n'en va pas de même pour la muqueuse de l'enfant qui subit à la même époque la répétition quotidienne de l'ingestion d'un lait virulent. Enfin souvent la tuberculose humaine est du type bovin. Quelques statistiques imposeront mieux la conclusion.

La Commission allemande trouve 4 fois le bacille bovin sur 16 cas de tuberculose infantile ; la Commission anglaise identifie 14 fois le bacille bovin sur 60 cas de tuberculose humaine. Park répartit comme suit 1.038 cas de tuberculose :

	Type humain	Type bovin
Personnes de 0 à 5 ans.....	73,5 %	25,5 %
Personnes de 6 à 16 ans.....	74 %	25 %
Personnes de plus de 16 ans...	98,69 %	1,31 %

Le bacille bovin a été trouvé dans 25 à 50 % des cas de tuberculose péritonéale et des ganglions cervicaux de l'enfant. Pour Wright, en Ecosse, chez l'enfant au-dessous de 5 ans, 50 % des cas de tuberculose abdominale sont dus à l'ingestion du lait de vaches tuberculeuses. Colecker, à Berlin, isole le bacille bovin dans 10 % des cas de tuberculose mortelle chez

l'enfant ; Cobbett, Park, en Angleterre, dans 25 % des cas ; notons que ce gros pourcentage s'explique dans ce pays par l'habitude de donner aux nourrissons et aux enfants du lait cru. Enfin, Weber constate 56 cas de mort sur 130 personnes infectées par le type bovin. Park et Krumwiede pensent que la mortalité par infection bovine atteindrait 10 % des morts par tuberculose chez l'homme.

Si donc la tuberculose bovine est surtout transmissible aux nourrissons, aux enfants, aux malades et à tous les organismes sensibles ou débilités, l'adulte n'est cependant pas à l'abri tant que la « non contamination par le lait n'aura pas été démontrée » (Leclainche).

La santé publique demande à la pasteurisation un lait sans danger. Il est généralement admis qu'il est plus difficile à détruire le bacille de la tuberculose dans le lait que le bacille coli et autres. La résistance de ce bacille est attribuée aux qualités protectrices de sa membrane cellulaire. L'action de la pasteurisation est encore discutée.

Au laboratoire, il est généralement admis qu'une température de 65° maintenue pendant trente minutes est invariablement suffisante pour amener la mort du bacille. Quand on traite le lait en quantités importantes par les divers procédés industriels la température de destruction de ces bacilles ne peut être nettement déterminée.

Nous envisagerons donc ici les résultats obtenus par les divers procédés.

Lane Claypon, commentant les travaux de Rosenau,

concluait : « Il semble difficile d'arriver à une conclusion définitive en ce qui concerne la température de destruction du bacille tuberculeux, mais il est raisonnable de supposer qu'une température de 60° pendant dix minutes serait suffisante, ainsi qu'une courte période à 95° ou 100° ». Dans un récent rapport, Hamill déclare : « Il est possible, dans certaines conditions, qu'une petite proportion de bacilles échappe à la destruction, mais leur virulence est si atténuée qu'ils sont rendus inoffensifs ». C'est aussi l'avis de Calmette.

Les premières recherches effectuées en Suède par Barthel et Stenström indiquent qu'un chauffage de vingt minutes à la température de 60° à 65° suffit pour détruire le bacille de Koch. Machens, Proschöldt, Rautman fixent le cadre thermique nécessaire à 63° pendant 30 minutes.

Nombre d'auteurs cependant, dont Scharr et Lentz, Rullman Zelensky soutiennent l'inefficacité de la méthode.

Sans avoir la prétention de trancher, nous nous contenterons de signaler ici les résultats de quelques expérimentations indiscutables.

Action de la pasteurisation basse, la plus employée : Seeleman expérimente sur les cobayes. Les animaux témoins sont inoculés au moyen d'un lait de mélange (lait ordinaire de vache saine et lait de vache atteinte de mammites tuberculeuse). Tous meurent de tuberculose généralisée. Les cobayes inoculés avec le même lait pasteurisé à 63° pendant trente minutes restent indemnes.

J. L. Meanwell publie les expériences suivantes réalisées à l'Institut National des recherches pour la laiterie : elles semblent concluantes.

Chauffage	Matériel inoculé provenant de vache à tuberculose mammaire	Nombre de cobayes inoculés	Survivant	Mort sain	Mort tuberculeux
à 62°, 8 pdt 30.....	lait	118	103	1	14
à 62°, 8 pdt 30.....	»	38	33	1	4
à 60°, pdt 30.....	»	100	96	0	4
à 58°, 6 pdt 20.....	»	12	0	10	2
à 58°, 8 pdt 20.....	»	6	3	0	3

De ces expériences, il résulte qu'une température de 62°8 pendant trente minutes tue le bacille dans presque tous les cas.

Une température de 60° pendant vingt minutes tue le bacille dans de nombreux cas, mais ne donne aucune sécurité absolue. Au-dessous de cette température le bacille n'est pas atteint.

Enfin, Katrandjiefï attira l'attention sur les facteurs qui influent sur la destruction du bacille tuberculeux par la chaleur, à savoir : la quantité de matière grasse et la concentration en ions hydrogènes des milieux étudiés. Les résultats de ces expériences sont les suivants :

1° Tous cobayes témoins, morts ou sacrifiés, montrent à l'autopsie des lésions classiques de tuberculose étendue jusqu'aux viscères abdominaux.

2° Tous les cobayes inoculés avec le lait chauffé à 58° pendant trente minutes, dégraissé ou non avec un PH égal, soit à 6,3, soit à 6,7, présentent les mêmes lésions tuberculeuses.

3° Tous les cobayes inoculés avec le lait dégraissé chauffé à 58° pendant trente minutes avec un PH de 6, ou chauffé à 63° pendant trente minutes à différents PH (6,6-5, 6-7), dégraissé ou non, ne présentent aucun signe de tuberculose.

Action de la pasteurisation haute : elle semble moins efficace. Richter et Seeleman ont montré que le chauffage à 85°-90° du bacille de Koch dans le lait, dans deux appareils différents, ne détruit pas toujours sa vitalité : les cobayes inoculés deviennent souvent tuberculeux.

Cet échec semble dû au trop court passage du lait dans le pasteurisateur et à l'insuffisance du chauffage du début, ainsi qu'aux écarts de température. Il semble cependant qu'il faille attribuer cet échec au mauvais fonctionnement du pasteurisateur.

L'action de la pasteurisation en couche mince ne semble plus niable. Des expériences réalisées avec l'appareil de Tödte le prouve. Le bacille de Koch y est détruit à 75-85°. La pratique montre qu'il est préférable de chauffer à 85°.

Enfin, le Professeur Bang a montré que le lait stassanisé offrait toute sécurité au consommateur. Il a procédé à quatre séries d'expériences sur plusieurs centaines de cobayes inoculés avec un lait provenant d'une glande tuberculeuse mélangé en proportions diverses au lait ordinaire.

De ces résultats on peut conclure que la stassanisation a détruit effectivement toutes les bactéries de la tuberculose.

Il semble bien ainsi prouvé que tout lait bien pas-

teurisé empêche la transmission à l'homme de la tuberculose.

B. — FIÈVRE ONDULANTE ET L'AVORTEMENT EPIZOOTIQUE DES BOVIDÉS.

La fièvre ondulante de l'homme fut, jusqu'en 1883, confondue avec l'affection typhoïde. Les Découvertes de Bruce (1887), Wright (1897), Zamit, mirent en évidence l'agent pathogène : *Micrococcus Melitensis* de l'avortement contagieux de la chèvre et du mouton. La présence de microbes dans le lait d'animaux infectés expliquait la contamination à l'homme. Ce sont là des conclusions unanimement admises et légalement reconnues puisque le décret du 2 juin 1929 et l'arrêté ministériel du 20 octobre 1929 prévoit, entre autres mesures, l'ébullition ou la pasteurisation dûment constatée pour la vente du lait de chèvre ou de brebis infectées. La maladie semblait localisée au bassin méditerranéen. Cependant peu à peu elle s'étendit. C'est ainsi qu'en France, pour trois cas de fièvre ondulante relatés de 1906 à 1909, on trouve 400 cas dans le Gard en 1909, 15.000 cas dans la région méditerranéenne de 1920 à 1925. Enfin, en 1932, 29 départements se trouvaient infectés.

Dès 1918, Miss Alice Evans avait relaté les trois parentés bactériologiques existant entre *micrococcus mélitensis* et *Bacillus abortus* Bang, agent de l'avortement épizootique si fréquent chez les bovidés. La parenté des deux microbes était telle que de nombreux

auteurs, Feusier et Meyer, distinguaient dans le genre *Brucella* deux variétés :

- 1° *Melitensis* ;
- 2° *Abortus bovis*.

Cependant, jusqu'en 1924, on nia toute contamination possible de l'homme par le bacillus abortus.

Des constatations épidémiologiques en apportèrent l'irréfutable preuve. On savait déjà que l'apparition de la fièvre ondulante de l'homme en Afrique australe avait coïncidé avec l'introduction d'espèces bovines. Enfin, mieux, on cita des cas de fièvre ondulante dans lesquels l'intervention étiologique du mouton et de la chèvre pouvait être éliminée. Les observations de Miss Evans, en Rodhésie et dans la plupart des Etats d'Amérique du Nord, celles d'Alessandri et Ficaï en Italie, les recherches de Kristensen au Danemark montrent la fréquence de la fièvre ondulante d'origine bovine.

En France, les observations de Ledoux et Baufle dans le Doubs et le Jura, de M. Magallon dans l'Isère, et surtout l'extension de la maladie de département en département montrent le danger pour l'homme d'une contamination d'origine bovine.

Disons de suite que cette contamination se fait par le tube digestif et par la peau et les muqueuses, que si la première semble moins importante elle n'est pas, nous allons le voir, négligeable.

La contamination par le tube digestif se fait par l'ingestion du lait de vaches infectées : or la fréquence de l'avortement épizootique des bovidés explique la présence de *B. Abortus* dans les laits du commerce et

leurs sous-produits. Sur 277 échantillons examinés par Schroeder et Cotton on trouve le bacille dans 14 % des cas. Andersen et Thomsen indiquent, en 1930, pour Copenhague, une proportion de 30 % de lait infecté. En France, 35 % des laits crus du commerce sont infectants. Pour comprendre de tels pourcentages, rappelons que les laitières continuent souvent à éliminer le bacille longtemps après leur guérison. Schroeder et Cotton l'ont retrouvé pendant sept années dans le lait d'une même vache.

Si les laits infectés de *B. abortus* sont nombreux, ils sont moins nocifs que les laits de chèvres contaminées par *M. Melitensis*. C'est sans doute ce qui explique que si longtemps le rôle du lait de vache à avortement épizootique a été méconnu. Cette moindre nocivité tient : 1° A une moindre teneur bactérienne (40 microbes par cm^3 dans le lait de vache (Huddleson et Twed), 100.000 à 250.000 microbes par cm^3 dans le lait de chèvre (Fleischwer, Veck, Schaws et Meyer).

2° A une moindre virulence du *B. abortus*, qui est beaucoup moins pathogène pour l'homme que *B. melitensis* et même que *B. abortus* suis. Mais il n'est cependant pas dépourvu de virulence pour l'homme, comme le voulaient Nicolle, Burnet et Conseil, ce bacille qui détermine chez l'homme ces infections inapparentes (décelées par les taux d'agglutination élevés) dont l'importance et la fréquence ne sont plus à démontrer. Enfin, les multiples observations de cas clinique de fièvre ondulante, dus à la seule ingestion du lait de vaches atteintes d'avortement épizootique, font de ce lait un danger public.

A ce titre il devrait être l'objet des mêmes mesures de prophylaxie, adoptées et légalisées pour le lait de chèvres atteintes de melitococcie.

La pasteurisation, prévue pour ces derniers, semble être également le moyen le plus rationnel d'assainissement. En effet, il s'agit d'un bacille fort peu résistant, que la chaleur détruit en dix minutes à 60°.

Les expériences de Murray, Mac Mutt et Purvin ont démontré par des épreuves de pasteurisation pratiquées avec un appareil standard qu'une température de 62° à 63° prolongée pendant trente minutes est suffisante pour détruire les *Brucella* des variétés porcines et bovines. Il en résulte qu'à la température habituelle de pasteurisation de 62° à 63° pendant trente minutes les bacilles sont détruits. La pasteurisation haute assainit également le lait infecté.

Zwick et Wedeman signalent la destruction de la virulence après un chauffage de dix à quinze minutes à 60° ou de cinq à dix minutes à 65° ; pour Park, dix minutes à 60°, sept minutes à 61°, cinq minutes à 63° sont suffisantes. Boak et Carpenter confirment que la pasteurisation à la température de 62° poursuivie pendant vingt minutes détruit la virulence de *B. abortus*.

Bang, opérant avec un lait stassanisé de mélange, comprenant 50 litres de lait en provenance d'un troupeau dont on savait que plusieurs vaches produisaient un lait infecté par les bactéries de l'avortement épizootique et 50 litres de lait ordinaire, a montré qu'aucun des cobayes inoculés avec le lait stassanisé ne fut touché : tous les animaux de contrôle furent nettement atteints.

Devant les résultats obtenus par la pasteurisation l'hygiène doit élargir aux laits d'espèces bovines atteintes d'avortement épizootique le décret du 2 juin 1929 pour la vente du lait de chèvre et de brebis.

C. — LÉSIONS DE LA MAMELLE

Nombreux sont les microbes qui peuvent déterminer des altérations de la mamelle et passer ensuite dans le lait où ils pourront infecter l'homme. On peut citer les staphylocoques, les colibacilles, les *b. pyogènes*, les streptocoques. Les auteurs ont insisté surtout sur le rôle du streptocoque de la mammitte contagieuse des vaches laitières. Son rôle pathogène pour l'homme est discuté : cependant les observations de Kufferath (entérite mortelle), les épidémies d'angine quelquefois mortelles signalées par Rosenau et Hesse en 1917, par Withe et Avery, semblent montrer son danger. Enfin, le Département d'hygiène de l'Etat de New-Jersey attire l'attention sur les cas d'angine septique, le « Septic Sore throat » des Américains, dû à un streptocoque hémolytique du lait. L'affection est d'ailleurs considérée comme maladie contagieuse aux Etats-Unis.

Le streptocoque est tué à 56°4 ; il ne résiste pas à une bonne pasteurisation.

Richter et Seeleman ont montré en effet que la stassanisation tue tous les streptocoques, mais que les germes ne sont pas tous détruits durant dix à vingt minutes à 63° et qu'après trente minutes de ce même chauffage certaines souches, plus virulentes, peuvent encore être cultivées, bien qu'en faible quantité. Cette

résistance des streptocoques serait due à leur enveloppe muqueuse et à leur enrobement dans des amas leucocytaires.

D. — LA FIÈVRE APHTEUSE

La transmission à l'homme de la fièvre aphteuse bovine affirmée par Sagar dès 1765, puis par Drey, est actuellement, après les travaux de Roux-Nocard, de Vallée et Carré, de Labaylly, niée par la plupart des auteurs. Pour eux, fièvre aphteuse bovine et stomatite aphteuse de l'homme sont deux maladies bien distinctes.

En tout cas, disons avec Vallée que si la transmission à l'homme existe, elle est exceptionnelle.

De nombreux auteurs ont montré dans le lait pasteurisé la disparition du virus aphteux (Zeller au Reichsgesundheitsamt).

E. — LE CHARBON BACTÉRIEN

Le passage de la bactériémie de Davaine dans le lait est rare, sauf cependant si la tumeur charbonneuse siège sur la mamelle. Cependant, O. Ferrick et Szelyes prétendent que l'excrétion bacillaire peut se faire en l'absence de toutes lésions mammaires et que le lait de vaches atteintes renferme des bactéries dans 56 % des cas. Si la pasteurisation est moins efficace contre les sopres, pour qui elle ne présente qu'une température dysgénésique, elle tue les formes myceliennes qui meurent à 56° pendant dix minutes.

F. — LA RAGE

Si le lait des animaux rabiques ou en incubation de rage peut être virulent, aucun cas cependant de transmission de la maladie par le lait n'a été constaté chez l'homme.

***Les maladies provoquées par un ensemenement
accidentel***

qui pollue le lait après la traite, ne sont pas moins nombreuses : cette pollution est alors généralement d'origine humaine.

Nous envisagerons :

A. — LES TOXI-INFECTIONS

d'origine lactée, dues aux microbes du groupe des coli-paratyphiques, des Salmonella, qui causent chez l'homme les toxi-infections d'origine carnée. Ces microbes se rencontrent chez la vache laitière, dans toutes les maladies du tube digestif (météorisations, entérites), dans les affections puerpérales, etc... Si leur passage direct par le lait est encore discuté, la pollution qu'il subit par les excréments infectés, qui souillent pis, litière, récipients, ne l'est plus aujourd'hui, non plus que leur rôle étiologique dans les toxi-infections d'origine lactée.

Plus de cinquante expériences faites au Reichsgesundheitsamt ont permis à Zeller d'affirmer la destruction par la pasteurisation du Bact-coli, du Bact-Breslau, du B. Gärtner, des bactéries des diverses souches de paratyphiques humaines ou animales.

B. — LES AFFECTIONS TYPHIQUES ET PARATYPHIQUES.

De nombreuses épizooties de fièvre typhoïde ont une origine lactée.

Aux Etats-Unis, sur 650 épidémies, 110 ont une origine lactée, 162 sont dues à l'eau. En Allemagne, 11,7 % des épidémies de fièvre typhoïde reconnaissent une origine lactée...

La présence du bacille typhique est rarement fonction d'une infection typhique de la femelle laitière : elle est, le plus souvent, due à une pollution du lait, qui constitue pour cesensemencements un excellent milieu de culture, surtout si le lait déjà pasteurisé a perdu l'action antagoniste de ses ferments lactiques.

Cette pollution reconnaît deux sources :

1° Un porteur de germes, qui manipule le lait à la ferme ou à l'usine, porteur chronique qui s'ignore le plus souvent : on explique ainsi l'origine de l'épidémie de Montréal en 1927, où l'on compta 533 décès sur 5.000 malades.

2° L'eau typhique qui sert au lavage des ustensiles ou à un mouillage frauduleux. Les épizooties signalées au Havre et à Clermont-Ferrand ont mis en évidence ce rôle de l'eau.

Enfin on a également attiré l'attention sur le rôle important que joue les mouches dans la transmission de cette maladie.

La pasteurisation tue le bacille d'Eberth, qui meurt à 58°3, et écarte tout danger. Relatons les expériences de Seeleman. Par la pasteurisation basse, sur 23 souches de bacille typhique, 2 ne furent pas tuées ; sur 12 souches de paratyphique, une était encore vivante

après trente minutes à 63°. Ceci ne doit pas diminuer la valeur de la méthode en ce qui concerne le lait destiné à la consommation humaine, où les bacilles n'existent qu'en faible quantité. Avec la pasteurisation haute, Seeleman montre qu'une partie des typhiques et paratyphiques restent vivants. Avec la stassanisation tous ces germes sont détruits.

Signalons que la mise en bouteilles stériles s'impose pour éviter une infection ultérieure au chauffage du lait.

C. — LA DIPHTÉRIE

d'origine lactée, assez rare, a été cependant signalée en Angleterre, en Amérique où elle a déclenché de graves épidémies, vite enrayées par des mesures prophylactiques sévères et l'obligation de la pasteurisation du lait. Le bacille de Loeffler est en effet détruit à 55°.

M. Panisset, qui rapporte les observations ci-dessus, ajoute « qu'aucun de nos services d'hygiène médical ou vétérinaire n'a les moyens de prescrire les mesures prises dans ces pays atteints, qu'aucun texte de chez nous ne saurait les légitimer, quelle que soit la gravité du danger épidémique » (sauf loi de 1884).

Notons que Matteo Carpano a montré l'existence d'une dermite ulcéreuse des bovins déterminée par bacillus dysenteriae, qui est transmissible par le lait à l'homme et aux enfants.

D. — LES DIARRHÉES INFANTILES,

dont on connaît la fréquence et la gravité chez les nourrissons sont dues à l'infection du lait par une vaste flore microbienne qui comprend :

1° une quantité considérable de germes saprophytes, qui exaltent leur virulence et deviennent éminemment pathogènes : Streptococcus, Staphylococcus, Pasteurella, Bacterium coli...

2° mais surtout de nombreux germes de la putréfaction : bacillus proteus, oedematiens, perfringens, dysentericus...

La pasteurisation, par la destruction de tous ces microbes, assainit ce lait souillé par nos habitudes anti-hygiéniques, mettant par là nos enfants à l'abri d'un grave danger.

Le lait obligatoirement pasteurisé, à Strasbourg, a amené depuis son emploi, une réduction de la mortalité infantile dans cette ville de 14 à 2 %.

Nous citerons pour mémoire quelques rares épidémies de scarlatine, de typhus en Allemagne, de choléra à Calcutta, etc..., dont l'origine lactée fut établie. Mais il s'agit là de cas d'exceptions.

Il nous a paru intéressant de citer ici quelques statistiques dressées par le Service de la santé publique des Etats-Unis, qui font bien comprendre quels avantages la pasteurisation offre à la santé du consommateur. « La diphtérie ne frappa que 17,1 ‰ des 1.875 enfants qui avaient consommé du lait chauffé, alors que 22,7 ‰ des 1.762 enfants qui avaient consommé du lait cru furent atteints. La scarlatine frappa 23 ‰ des enfants du groupe du lait chauffé et 41 ‰ des enfants du groupe du lait cru. Pour ce qui est des troubles intestinaux, le pourcentage fut de 111 ‰ pour les premiers, de 196 ‰ pour les seconds. »

Il s'agit là de résultats dégagés de tout esprit théorique acquis par une expérience sur les êtres vivants, la plus probante.

La tendance des industriels du lait est de faire de la pasteurisation une panacée. Mais il faut savoir que celle-ci ne fait pas de miracles : elle ne rend pas bon un mauvais lait, elle ne rend pas complètement pur un lait malpropre. Elle doit donc s'adresser à un lait déjà surveillé le plus propre et le plus sain possible. Les contrôles envisagés précédemment, bien organisés, le permettent. Alors de ce lait propre la pasteurisation fera un lait sans danger. Il faut combattre chez le producteur l'idée trop répandue que la pasteurisation améliore le lait et rattrape les conséquences de la malpropreté et du manque de soins.

La majorité des hygiénistes reconnaît au problème du lait pur et sain la solution suivante : entourer la production du lait de toutes les mesures de protection contre l'infection, applicables pratiquement ; ajouter, en plus, la mesure de protection additionnelle et essentielle d'une pasteurisation efficace, dans des appareils de type approprié et approuvé, bien conduits et bien contrôlés ; puis ce lait, rapidement réfrigéré, mis dans des récipients stérilisés, cachetés, doit être livré aussitôt au consommateur.

Nous savons que pratiquement aucun contrôle hygiénique ne s'exerce à l'origine sur nos laits. Aussi devant l'impossibilité actuelle de ce contrôle obligatoire, devant l'insuccès du contrôle à la ferme, les hygiénistes ont-ils trouvé au problème de la salubrité

du lait une solution satisfaisante dans l'inspection facultative des dépôts laitiers intermédiaires entre le producteur et le consommateur, et dans l'action privée de ces dépôts laitiers sur le fermier fournisseur. C'est ce qu'a parfaitement réalisé en pratique la laiterie Ofco, que nous remercions ici des précieux renseignements qu'elle nous a fournis.

Lait cuit - Lait cru

La pasteurisation doit nous fournir un lait intact quant à sa structure physique, ses équilibres chimiques et ses éléments biochimiques.

Si l'efficacité de l'action bactéricide d'une pasteurisation rationnelle ne semble plus pouvoir être discutée — elle l'est cependant, contre l'évidence, encore souvent — l'altération du lait est le gros argument des ennemis de son traitement par la chaleur. « Le lait pasteurisé, en perdant ses principes vitaux, n'est ni vivant ni nutritif. Ce sont des cadavres en bouteilles que nous offre un lait décomposé par la chaleur. » (Roeland.) Nous n'avons pas l'intention ici de reprendre la polémique trop usée : « lait cuit, lait cru ». Actuellement elle n'a plus lieu d'être. Les données du problème ont changé. Tous les progrès réalisés dans la technique moderne de la pasteurisation et dans l'exécution de toutes les opérations qui l'entourent ont pour but de conserver la structure intime du lait ou de ne l'altérer qu'au minimum. La pasteurisation en couche mince semble l'avoir réalisé qui fournit un lait propre et sain, mais aussi vivant et nutritif. La pasteurisation n'est plus ce mal nécessaire qu'expliquaient les premières méthodes, c'est une nécessité qui donne un maximum de garanties à l'hygiéniste comme au pédiâtre.

D'ailleurs il semble bien que même avec les anciennes méthodes, surtout la pasteurisation basse, actuellement encore la plus répandue, les dangers que fait subir au lait l'action de la chaleur aient été exagérés à souhait.

C'est pour lutter contre ces exagérations que la Commission du Lait aux Etats-Unis, où la campagne du lait cru fut vive, déclare « pour réagir contre la propagande en faveur du lait cru, appuyée sur des affirmations sans bases scientifiques, la Commission mentionne plusieurs études selon lesquelles le lait pasteurisé a une valeur nutritive équivalente à celle du lait cru et insiste auprès du service d'hygiène public des Etats-Unis pour régler la question une fois pour toutes ».

Washburn, au terme d'une étude où il réunit tout un faisceau de preuves (observations multiples d'épidémies, de mortalité infantile dues au lait cru) et de témoignages venant de tout le monde médical et hygiéniste américain en faveur du lait pasteurisé, déclare que les altérations chimiques du lait ne sont pas aussi marquées que l'on a cru pendant longtemps, et qu'en tout cas, la preuve de leur influence est encore à faire. Quant aux 6 ou 7 vitamines que nous connaissons dans le lait, dont la teneur est d'ailleurs assez faible, elles ne sont pas détruites par la pasteurisation basse, à l'exception de la vitamine C antiscorbutique. Miura Masataro a d'ailleurs montré qu'il n'y avait que diminution de quantité de la vitamine C et non pas destruction totale.

Wer. Krass, Erb et Washburn, expérimentant sur

des rats placés dans des cages de verre et soumis à des conditions de vie identique, n'ont pas trouvé de différence entre les animaux nourris au lait cru et les animaux nourris au lait pasteurisé (62°5 pendant 30') au triple point de vue du développement de l'anémie, de leur croissance et de leur calcification. Ils concluent qu'il ne faut attacher aucune crainte à la diminution possible de la valeur nutritive du lait pasteurisé. Cependant les partisans du lait cru ne manquent pas d'invoquer les résultats diamétralement opposés des expériences de Scott et Erf sur des rats également.

Mieux que ces expériences dont la signification ne peut rien avoir d'absolu, le large emploi que fait le monde, du lait chauffé, nous offre des résultats plus sûrs, acquis sur les êtres vivants, les seuls probants.

Rappelons que des siècles durant, les mères d'Europe ont fait chauffer, souvent bouillir le lait de leurs enfants et qu'elles le font encore. Cette cuisson du lait reste trop souvent une des coutumes traditionnelles du ménage. Rappelons que le peuple Suisse alimente ses enfants avec du lait bouilli. Sa constitution robuste, bien connue, n'en fut jamais atteinte. Rappelons que de nombreux enfants sont élevés avec un lait stérilisé, évaporé qui, donc, a été chauffé à une température de 112°. Ils restent en bonne santé. Rappelons enfin que, depuis de nombreuses années et de plus en plus, l'emploi répandu du lait pasteurisé offre à la majorité des enfants sa sécurité et une valeur nutritive qui ne s'est jamais montrée insuffisante. Quelques expériences l'ont bien montré.

A Washington, 208 enfants en bas âge furent ali-

mentés de lait cru et 111 enfants à ce même lait pasteurisé au préalable. Après 18 mois, l'augmentation de poids par jour et par enfant était d'environ 13 gr. 60 pour ceux qui reçurent du lait cru, alors qu'elle était de 13 gr. 67 pour le groupe des enfants qui reçurent du lait pasteurisé.

Plus significative encore est l'enquête du service de la santé publique des Etats-Unis pour savoir si les enfants qui boivent du lait cru se développent mieux que ceux qui boivent du lait chauffé. Cette enquête, très serrée, fut effectuée dans 39 villes. Les expérimentateurs distinguèrent deux groupes : le groupe du lait cru et le groupe du lait cuit comprenant ceux des enfants qui avaient consommé suivant le groupe, du lait cru ou du lait cuit pendant plus de la moitié de leur vie. On entendait par lait chauffé, le lait pasteurisé, bouilli, le lait en poudre. « L'étude effectuée sur plus de 3.700 cas, dont l'âge variait de 10 mois à 6 ans, ne révéla aucune différence sensible entre le poids moyen des deux groupes. Le poids moyen du groupe du lait chauffé était de 15 kgs. La différence insignifiante était cependant en faveur des enfants qui n'avaient consommé que du lait chauffé. Les tailles respectives pour les deux groupes étaient de 95 cm. et 94 cm. 9. Si petite que fut la différence, elle favorisait encore des enfants qui n'avaient consommé que du lait chauffé. Point important, les expérimentateurs précisent que les courbes de poids et taille par rapport à l'âge n'étaient pas influencées d'une façon sensible par la race ni la situation financière des parents des deux groupes d'enfants.

Les aliments donnés en supplément aux deux groupes étaient essentiellement les mêmes, excepté en ce qui concerne l'huile de foie de morue. Aux enfants ne consommant que du lait chauffé, on donna de l'huile de foie de morue pendant une moyenne de 41,6 % de leur existence, tandis que les enfants du groupe du lait cru ne prirent de l'huile de foie de morue que pendant une moyenne de 27,6 % de leur existence. Cette intéressante observation peut être considérée comme une explication du poids légèrement plus grand du groupe du lait chauffé. Afin de voir si cette hypothèse était justifiée, il fut décidé de regrouper les enfants qui avaient consommé du lait chauffé en se basant sur ce qu'ils avaient consommé d'huile de foie de morue. Une comparaison du poids moyen des enfants qui avaient reçu de l'huile de foie de morue pendant plus de la moitié de leur vie, avec le poids moyen de ceux qui n'en avaient pas du tout reçu, révéla une différence négligeable de 0,1 %.

Enfin signalons qu'au cours de ces expériences, trois cas de scorbut seulement furent rencontrés : deux dans le groupe du lait chauffé, un dans le groupe du lait cuit. Signalons également que les cas de rachitisme atteignirent le taux de 31,5 pour 1.000 dans le groupe du lait chauffé, et 51,1 pour 1.000 dans le groupe du lait cru. Ce résultat étonnant semble dû à ce que le premier groupe a reçu davantage de l'huile de foie de morue.

De résultats aussi positifs, les auteurs concluent raisonnablement que le lait chauffé ne donne pas, au point de vue de la croissance des enfants, des résultats sensiblement inférieurs à ceux du lait cru.

Ainsi, non seulement la pasteurisation n'est pas nuisible, comme le voulaient ses détracteurs, mais encore elle cherche, par les progrès constants, à respecter au maximum la nature vivante du lait. Elle semble y être parvenue.

Mais le pasteurisateur a eu à lutter pour se faire admettre contre la routine des vieux préjugés. Son utilité, vue par Pasteur, dès 1865, vite reconnue en Allemagne, en Suède, a mis une génération pour être appliquée et rendue pratique grâce surtout au grand philanthrope Nathan Strauss ; mais il a fallu encore une génération nouvelle pour rendre courante l'application du procédé : ces trente dernières années le pourcentage du lait pasteurisé s'est considérablement accru, puisque dans les grandes villes d'Amérique, par exemple, il est passé d'une quantité négligeable au taux de 87,5 %. Sans doute, cette consécration tardive est-elle pour ses détracteurs la meilleure des preuves. Le consommateur français ne semble pas cependant l'avoir compris, qui ne fait du lait pasteurisé qu'un emploi trop restreint. Il convient au service de l'Hygiène et de la Santé publique, de l'éclairer par une propagande bien conduite, ou mieux de le défendre, malgré lui, contre le danger qui le menace, par la création de la pasteurisation obligatoire.

Le lait sain et la législation Pasteurisation obligatoire

En France, à défaut d'une loi visant spécialement la salubrité du lait, on s'est contenté de classer comme fait délictueux prévu et puni par la loi du 1^{er} août 1905, sur la Répression des Fraudes, toutes les manœuvres qui rendent le lait insalubre.

C'est la seule loi qui régit, contrôle notre production laitière actuelle. Elle est d'ordre répressif. Pour être efficaces, les mesures prises doivent être préventives. Or, à cet égard, rien n'a été prévu par notre législation. La production du lait en France reste libre.

Il serait cependant injuste de ne pas signaler les efforts de quelques textes légaux en faveur de la production d'un lait sain.

L'article 11 de la loi du 1^{er} août 1905, prévoit que des règlements d'administration publique paraîtront et définiront les caractères des aliments corrompus ou toxiques. Ils parurent en 1924 seulement.

En 1912, Pams, Ministre de l'Agriculture, et Klotz déposaient un projet en vue de l'établissement d'un contrôle sanitaire et économique du lait. Il prévoyait le contrôle sanitaire à l'étable ou la pasteurisation obligatoire. Mais le projet fut rejeté par la commission d'Agriculture.

Le décret du 22 janvier 1919 organise le service d'inspection des fraudes. On songe à sanctionner les fraudes, mais dans les pouvoirs publics, nul ne se soucie de la salubrité du lait, nul ne songe à son contrôle hygiénique.

Enfin paraît le décret du 25 mars 1924, pris conformément à l'article 11 de la loi du 1^{er} août 1905 :

Article 2. — Ne peut être considéré comme lait propre à la consommation :

- 1° Tout lait coloré, malpropre ou odorant ;
- 2° Tout lait contenant du colostrum ;
- 3° Tout lait provenant d'animaux mal nourris et surmenés ;

4° Tout lait provenant d'animaux atteints de maladies dont la nomenclature sera donnée par le Ministre de l'Agriculture après avis du Comité consultatif des épizooties. En fait, aucun arrêté ministériel n'a depuis fixé cette nomenclature, sauf :

A). Un arrêté pris dès le 28 juillet 1888 : La vente du lait provenant de vaches tuberculeuses est interdite. Le lait sera utilisé sur place pour les animaux, après ébullition. En pratique, cet arrêté n'est pas appliqué.

B). Le décret du 3 juin 1929 : Le lait issu de femelles atteintes de mélitococcie ne peut être vendu, consommé sur place ou transporté qu'après ébullition ou pasteurisation dûment constatée.

C). Décret du 24 janvier 1934 : Vu la loi du 7 juillet 1933 sur la prophylaxie de la tuberculose des bovidés et sur le contrôle de la salubrité des viandes (art. 7) :

Article 4. — Les laits provenant d'animaux atteints de tuberculose et les laits renfermant des bacilles tu-

berculeux ne pourront être utilisés pour l'alimentation de l'homme et des animaux, soit en nature, soit sous forme de produits dérivés, qu'après un chauffage assurant la destruction du bacille tuberculeux.

Toutefois, les laits provenant des animaux atteints des formes de tuberculose prévues par l'article 2 de la loi du 7 juillet 1933, devront être détruits dans tous les cas.

Citons également une circulaire ministérielle du 15 mars 1927, adressée aux Préfets, dans l'esprit et dans le sens d'un contrôle hygiénique en faveur de la production d'un lait propre et sain. Elle permet aux préfets d'assurer le contrôle de la répression des fraudes et la surveillance des étables par des vétérinaires. Elle prévoit que des arrêtés préfectoraux institueront un contrôle facultatif de la production laitière. Remarquons que ce contrôle ne prévoit aucun avantage immédiat pour le producteur, qui ne voit, dans ces conditions, aucun intérêt à s'y soumettre.

Citons encore une ordonnance du 15 mai 1930 de la Préfecture de Police de Paris : elle envisage l'obtention d'un lait propre et sain par diverses mesures, les unes obligatoires, pour le transport, la vente, les magasins, le lavage des pots..., les autres facultatives, relatives au contrôle de la production laitière. Une seule maison commerciale a demandé ce contrôle.

Devant la faillite de ces contrôles, la vente du lait reste libre et la seule législation qui la régit est :

1° L'article 477 du code pénal qui prévoit la saisie de tous produits gâtés, corrompus ou toxiques, mis en vente ;

2° La loi du 1^{er} août 1905, qui prévoit :

Article premier. — Ceux qui trompent le contractant ou tentent de le tromper sur la nature et les qualités substantielles sont poursuivis devant le tribunal correctionnel et soumis à diverses peines.

Art. 2. — Sont punis des mêmes peines, ceux qui falsifient les denrées de l'homme et des animaux.

Sont punis des mêmes peines ceux qui exposent ou mettent en vente des denrées qu'ils sauront falsifiées, corrompues ou toxiques.

Si la substance falsifiée ou corrompue est nuisible à la santé de l'homme ou des animaux ou si elle est toxique, l'emprisonnement devra être appliqué, il sera de 3 mois à 2 ans et l'amende de 500 à 10.000 francs. Ces peines seront applicables même au cas où la falsification nuisible serait connue de l'acheteur ou du consommateur.

L'art. 4 punit la détention des denrées falsifiées, corrompues ou toxiques.

L'article 12 prévoit que toutes les expertises seront contradictoires.

Enfin à la veille de la publication de ce travail, nous sommes heureux de pouvoir citer le rapport de M. Pannisset, au nom d'une sous-commission sur la Pasteurisation et la Stérilisation du lait, fait au Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, le 5 mars 1934, et dont voici le texte :

PASTEURISATION ET STÉRILISATION DU LAIT

Rapporteur : M. le Professeur L. PANISSET

M. le Ministre de l'Agriculture a demandé l'avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France sur les procédés de pasteurisation ou de stérilisation du lait qu'il y a lieu de considérer comme efficace. Cet avis lui est nécessaire conformément à l'avant-dernier paragraphe de l'article 3 du décret du 25 août 1924 sur la répression des fraudes en ce qui concerne le lait, paragraphe qui est ainsi conçu :

« Est considéré comme une infraction à l'article 1^{er} de la loi du 1^{er} août 1905, le fait de détenir sans motifs légitimes, d'exposer, de mettre en vente, « sous la dénomination de lait pasteurisé » du lait qui n'a pas été débarrassé de tous microbes pathogènes par un procédé ayant reçu l'approbation du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France ».

« Sous la dénomination « lait stérilisé » du lait contenant des germes vivants ».

Cet avis est d'autant plus nécessaire au Ministre de l'Agriculture que la réglementation prévoit la possibilité d'utiliser le lait des animaux atteints de certaines maladies transmissibles ou non à l'homme, sur la nomenclature desquelles le Comité consultatif des épizooties s'est prononcé, à la condition que ce lait soit pasteurisé ou stérilisé.

Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique s'est rallié, après avoir entendu le premier rapport de votre Commission, aux raisons qui militent en faveur de l'adoption de la réglementation proposée et a souscrit à la nomenclature des maladies des animaux dont la constatation entraîne l'interdiction de l'utilisation du lait pour la consommation humaine ou la possibilité de sa consommation après que ce lait aura été pasteurisé ou stérilisé.

Avant de rechercher les procédés de pasteurisation ou de stérilisation du lait, qu'il y a lieu de considérer comme efficaces, votre Commission s'est préoccupée de distinguer sur la base de leurs qualités hygiéniques entre les laits offerts à la consommation et de marquer pour chacune des sortes de lait quelles pouvaient être la nécessité et les conséquences de la pasteurisation.

Votre Commission estime, avec tous les hygiénistes, qu'il y a lieu de distinguer :

1° le lait pur, propre et sain, délivré sans être pasteurisé ou stérilisé ;

2° le lait pasteurisé et le lait stérilisé, pour lesquels la dénomination de « pasteurisé » ou de « stérilisé » traduit non seulement l'intervention d'un procédé de conservation et d'assainissement, mais comporte avec elle une idée de qualité hygiénique préférentielle ;

3° le lait tout venant, de mélange, de ramassage que l'on trouve couramment dans le commerce et qui est vendu sans dénomination particulière.

Votre Commission s'est efforcée de définir d'une manière plus précise chacune de ces sortes de lait et d'indiquer pour chacune d'elles les exigences que comporte la loyauté des appellations par rapport aux qualités du lait mis en vente.

a) *Le lait pur, propre et sain* délivré sans avoir subi de traitement susceptible de le modifier, tel qu'il a été défini par les hygiénistes, est un aliment idéal, mais c'est un produit d'exception, dont la production, la délivrance et la vente devront être soumises à des conditions d'autorisation, de garantie et de contrôle fixées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique et le Comité consultatif des épizooties.

b) *Le lait pasteurisé et le lait stérilisé* livrés et mis en vente avec l'une des mentions : garanti, contrôle, spécial, pour enfants ou toute autre dénomination ou sous une présentation préjugant des garanties particulières d'origine, de qualité et de contrôle devront répondre à des conditions de production,

de récolte et de traitement qui seront fixées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique et le Comité consultatif des épizooties et devront avoir été traités, dans des conditions prescrites par l'un des procédés de pasteurisation ou de stérilisation approuvés par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique.

c) *Le lait tout venant* résultant d'un mélange ou provenant du ramassage, destiné à la consommation courante, vendu sans dénomination, sans garantie et sans présentation particulières devrait être pasteurisé pour donner au consommateur le minimum de garanties de salubrité qui doivent lui être assurées.

Dans l'esprit de votre Commission, la pasteurisation du lait tout venant ne traduit que l'intervention d'un procédé de conservation et d'assainissement du lait, mais n'implique pas les qualités que comporte, à l'ordinaire, dans l'esprit du public, comme dans celui du médecin, la dénomination de lait pasteurisé. Votre Commission désirerait voir disparaître une confusion de langage d'autant plus fâcheuse que le lait tout venant ne provient pas toujours d'animaux sains, et même peut provenir d'animaux atteints de l'une des maladies dont la nomenclature a été établie par le Comité consultatif des épizooties et approuvée par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique.

Dans tous les cas prévus, le lait sera traité dans les conditions prescrites par l'un des procédés de pasteurisation ou de stérilisation approuvés par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique.

Quant à l'indication des *procédés efficaces de pasteurisation et de stérilisation*, votre Commission vous propose les solutions suivantes :

La pasteurisation a pour but la conservation du lait et la destruction des microbes pathogènes. Elle peut être réalisée par divers procédés :

soit par le procédé connu sous le nom de pasteurisation

haute, qui consiste dans le chauffage du lait à une température variant de 80 à 95° pendant deux à trois minutes ;

soit par le procédé connu sous le nom de pasteurisation basse qui consiste dans le chauffage du lait à 63° environ pendant trente minutes ;

soit par le procédé de chauffage à haute température agissant moins d'une minute sur le lait réparti en couche suffisamment mince ;

soit par tout procédé, approuvé par le Conseil Supérieur d'Hygiène susceptible d'assurer la destruction du bacille tuberculeux choisi comme test.

L'ébullition suffisamment prolongée capable d'assurer la destruction des microbes pathogènes ne peut être admise que comme procédé domestique d'assainissement et de conservation temporaire.

La pasteurisation du lait devra être faite quel que soit le procédé adopté — sauf en ce qui concerne l'ébullition suffisamment prolongée — dans un milieu soustrait au contact de l'air aussi bien pendant le chauffage du lait que pendant son refroidissement consécutif et immédiat ; dans tous les cas, la pasteurisation devra être faite à la faveur d'un dispositif assurant le brassage uniforme pendant le chauffage et la séparation rigoureuse du lait après pasteurisation.

La pasteurisation devra toujours porter sur un lait frais, recueilli proprement, épuré mécaniquement, elle devra être effectuée avec des appareils de types approuvés par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique, dans des établissements autorisés et surveillés. La pasteurisation devra être régulièrement contrôlée.

Le consommateur français ne pouvait donc, jusqu'à maintenant, compter d'une façon absolue sur sa législation pour assurer la salubrité et l'hygiène de son lait. Les pays étrangers nous donnent de beaux exemples.

En Belgique, une politique large et avisée a fait diminuer les fraudes par mouillage et écrémage dans une proportion importante. En même temps que la qualité, la propreté du lait s'est améliorée. A Bruxelles, la plupart des grandes firmes laitières vérifient la propreté du lait à l'arrivée et reçoivent ainsi un produit impeccable.

En Italie, la surveillance du lait est régie par la loi du 9 mai 1929. Elle s'étend également au personnel attaché aux animaux. Le lait doit satisfaire à certaines exigences relatives aux matières grasses, à la traite, à la filtration et au refroidissement. De plus, pour mettre dans le commerce du lait pouvant se consommer cru, on doit obtenir une autorisation spéciale de l'autorité communale.

En Allemagne, la réglementation est sévère. La loi actuellement en vigueur remonte au 31 juillet 1930. Elle prévoit que les personnes occupées dans le commerce du lait doivent être surveillées et qu'il peut être mis dans le commerce un « lait contrôlé » répondant à une série d'exigences. L'exécution de la loi incombe aux « pays » ; des pénalités sont prévues et les pouvoirs de réglementation sont presque illimités. Aussi, à Mannheim, la Municipalité a-t-elle constitué une Centrale Laitière ayant la forme légale d'une Société d'utilité publique et possédant un monopole. Le lait ainsi fourni est inspecté à l'étable, à la Centrale par laquelle il est traité et enfin au moment de la mise en vente. Sous cette influence, entre 1914 et 1924, la proportion des laits falsifiés a passé de 14 à 0,75 %, celle des laits malpropres de 20 à 0,12 %, tandis que la teneur en matières grasses s'élevait de 34 à 38 gr.

L'inspection au Danemark est également très im-

portante. On sait qu'il s'y met en vente un lait irréprochable pour enfants. A Copenhague, l'inspection est faite par l'Etat et par des vétérinaires appartenant aux Sociétés qui fournissent une grande partie du lait consommé.

En Angleterre, on distingue :

1° Des laits certifiés provenant de troupeaux tuberculins, tous les 6 mois, qui contiennent au maximum 30.000 germes par cc., et ne présentent pas de coli dans 1/100° de cc. Ces laits doivent être vendus crus.

2° Des laits du grade A. The Tuberculin Test. Ces laits proviennent d'animaux tuberculins tous les six mois, isolés. Leur mise en bouteille est facultative. Ils ne présentent pas plus de 200.000 germes au cc. et pas de coli dans 1/10° de cc.

3° Les laits du grade A, non tuberculins, proviennent de troupeaux qui subissent un examen clinique tous les 3 mois. Ce lait peut être pasteurisé ou non.

Dans de nombreux pays également, les laits sont classés, mais suivant des règles peu uniformes. On a ainsi à New-York, par exemple, le lait de catégorie A, destiné aux enfants, et pouvant être consommé cru : les vaches qui le fournissent doivent être tuberculines au moins une fois par an. Il y a, en outre, le lait de la catégorie B, qui est pasteurisé et destiné aux adultes, et le lait de la catégorie C qui est également pasteurisé, mais destiné aux usages culinaires, car il contient plus de 100.000 germes après la pasteurisation. La consommation du lait A atteint 10 % et celle de B 89 %.

En France, la catégorisation et le contrôle du lait, d'un très gros intérêt du point de vue hygiénique, né-

cessitent l'éducation préalable du producteur. Cette éducation est loin d'être réalisée à l'heure actuelle.

Les méthodes d'assainissement des laits toujours bacillifères, nécessaires, en France plus qu'en tous autres pays, laissées actuellement à l'initiative de chacun, mériteraient d'être imposées légalement dans toutes les branches de l'industrie laitière, sous réserve formelle d'un contrôle sévère, compétent, minutieux et continu des appareils, du personnel et des opérations.

L'institution d'une telle pasteurisation obligatoire, de tout lait destiné à la consommation, peut actuellement, grâce aux procédés modernes qu'elle doit utiliser, offrir toute sécurité au consommateur, tous avantages commerciaux à l'industriel.

Cette mesure de prévention demande à être étudiée dans son application et ses conséquences. En tout cas, elle devra se soumettre à l'action d'un contrôle sévère, obligatoire également, pratiqué par les municipalités, qui trouvera sa base dans l'utilisation de critères reconnus. Nous avons envisagé dans un chapitre précédent, ce qu'ils pouvaient être.

Cependant, il ne saurait s'agir actuellement d'une mesure générale, prise par l'Etat, par exemple. Il faut progressivement laisser aux villes le soin d'organiser leur approvisionnement en lait à l'abri de la loi de 1884. En effet, le principe de la liberté commerciale a, dès sa proclamation même en France, été tempérée par le pouvoir reconnu aux Municipalités de faire des règlements de police pour assurer la sécurité publique et la salubrité des denrées alimentaires. Ce

pouvoir est reconnu aux articles 91, 97 et 99 de la loi du 5 avril 1884.

La Ville de Strasbourg a donné un exemple que toute municipalité soucieuse de la santé publique, se doit de suivre : l'emploi de la pasteurisation obligatoire a réduit la mortalité infantile dans cette ville de 14 % à 2 %.

Il faut également que cette obligation de la pasteurisation s'adresse à tous les laits de consommation courante, sans exceptions, sans tolérance de laits spéciaux, de laits certifiés.

Les résultats d'analyses faites à Montréal, comme à Strasbourg, montrent qu'au point de vue bactériologique, la qualité du lait obligatoirement pasteurisé est nettement supérieure à celle du lait spécial ou du lait certifié, que les protestations ou manœuvres de certains intéressés sont arrivés à faire tolérer.

« Sans doute, certains producteurs trouveront excessive, pour ne pas dire rigoureuse, une telle mesure, mais n'oublions pas qu'elle est prise en faveur de populations importantes, pouvant dépasser 100.000, 200.000 habitants et plus. Leur intérêt, sur le terrain hygiénique, mérite bien d'être mis en balance avec l'intérêt purement commercial de petits producteurs, dont malheureusement trop d'entre eux n'apportent pas les soins qu'il faudrait dans la récolte, le traitement et le transport d'une matière première qui, à la vérité, demande à être traitée avec le plus de conscience possible. Il appartiendra donc à tous ceux qui prétendent approvisionner les villes en lait, de se mettre en mesure de satisfaire aux arrêtés municipaux qui peuvent, demain, ordonner la pasteurisation obligatoire. » (Ch. Porcher.)

Conclusions

I. — Les laits de consommation courante sont sales et microbiens ; ils constituent un danger constant pour l'enfant comme pour l'adulte. Les seuls contrôles se sont montrés impuissants à fournir un lait hygiénique : ils sont d'ailleurs insuffisants en France. La nécessité d'une pasteurisation rationnelle s'impose pour assainir ces laits.

II. — La Pasteurisation est un tout, qui doit comprendre :

- Une surveillance de la production du lait ;
- Un chauffage efficace et sans danger du lait ;
- Sa réfrigération immédiatement après ;
- Sa mise en bouteilles indispensable.

III. — Les méthodes de chauffage actuellement employées sont :

- La pasteurisation haute,
- La pasteurisation basse,
- La pasteurisation en couche mince dont le type est le procédé Stassano.

IV. — Les procédés de pasteurisation actuelles répondent à leur but, assainir le lait, sans toutefois nuire sensiblement à sa valeur nutritive.

V. — Il convient, dans l'intérêt de la santé publique :

1° D'intensifier l'emploi du lait pasteurisé en France ou plus que dans les pays étrangers, c'est une nécessité. Une propagande bien comprise y suffit.

2° D'arriver progressivement à l'institution d'une pasteurisation obligatoire de tous les laits de consommation qui permettra un contrôle effectif, par l'Etat, ou mieux, par les Municipalités, de la production du lait pasteurisé, actuellement dégagé de toute surveillance efficace. La sécurité alors offerte au consommateur sera complète.

3° Enfin d'entreprendre en France l'éducation des producteurs et des consommateurs.

Vu : Le Directeur
de l'Ecole Vétérinaire de Lyon,
D^r V. BALL

**Vu : Le Doyen,
JEAN LEPINE**

Le Professeur
de l'Ecole Vétérinaire,
D^r TAPERNOUX.

**Le Président de la Thèse,
D^r ROCHAIX.**

Vu et permis d'imprimer

Lyon, le 13 Février 1934.

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,
A. LIRONDELLE.

Bibliographie

- ANDERSEN et THOMSEN. — Sur la fréquence des bacilles de l'avortement dans le lait (*Revue générale de Médecine Vétérinaire*, janvier 1932, p. 494).
- AULAGNIER et LAMBERT (M^{lle}). — L'emploi d'une alimentation sans lait dans la première enfance (*Journal de Médecine de Lyon*, 5 avril 1932, p. 223).
- AYERS (S. H.) et JOHNSON. — The bacteriology of commercialy pasteurized and raw market milk (*U. S. Depart. of Agric. Bur. of Anim. Industrie. Bulletins* n° 126, 1910, n° 342, 1916).
- A study of the bacteria which survive pasteurization (*U. S. Depart. of Agric. Bur. of Anim. Industrie. Bulletin* n° 161, 1913).
 - The resistance of bacille coli to heat (*Journal of Agric. Research*, n° 3, 1915, p. 401).
 - Ability of streptococci to survive pasteurization (*Journal of Agr. Research*, 1914, II, n° 4, pp. 321-330).
 - The problem of transporting milk in hot condition (*Journal Dairy Science* n° 6, pp. 608-615).
- BARTHEL. — De la pasteurisation lente (*Svenska Mejeritidningen*, pp. 307-309 et 315-317, n°s 37 et 38, 13 et 20 septembre 1930).
- Pasteurisation basse (*Le Lait*, 1926, VI, p. 350).
 - Au sujet de l'article de M. Katrandjieff sur la pasteurisation basse (*Le Lait*, 1930, X, p. 539).
- BAUWENS (L.). — Concours de lait propre (*Œuvre Nationale de l'Enfance*, n° 8, juin 1931, p. 757).

- La production du lait propre (*Journal des Agriculteurs de Belgique*, n° 17-18, 2 mai, p. 129).
- BARTRAM (T.). — L'effet des températures de pasteurisation : sur *Brucella abortus* sur les agglutinines du *B. abortus* dans le lait (*The Cornell Veterinerian*, n° 4, octobre 1931).
- BEAU (M.). — La lutte contre la tuberculose en Danemark. La pasteurisation et les cultures pures dans les laiteries danoises (2^e série des *Annales de l'Inst. nat. agr.*, 1905, IV, 1^{er} fasc.).
- BEAVENS (E. A.). — Le groupe *Escherichia aerobacter* comme indicateur d'une pasteurisation efficace (*Journal of Dairy Science*, t. XIII, n° 2, mars 1930, pp. 94-101).
- BLACK L. A.), PROUTY (C. C.) et GRAHAM (R. A.). — L'effet de la pasteurisation sur la flore bactérienne de lait à teneur bactérienne peu élevée (*Journal of Dairy Science*, n° 2, mars 1932, p. 99).
- BOACK et CARPENTER. — Temperatures mortelles pour les souches de *B. abortus* dans le lait avec références spéciales pour la pasteurisation (*The Journal of Infections Diseases*, 1931, t. 49, p. 484).
- BREED (R. S.). — Les bactéries thermophiles du lait pasteurisé par la pasteurisation basse (*Le Lait*, 1933, janvier, p. 60).
- BULHAROWSKI (G.). — Les pasteurisateurs à lait (*Le Lait*, 1930, X, p. 1178).
- BURROW (H.). — Teneur du lait en bactéries (*The Veterinary Record*, 26 décembre 1931).
- CAMPBELL (Helen G.). — Pourquoi on pasteurise le lait (*Ministère fédéral de l'Agriculture, Canada*, n° 124, p. 8).
- CHRISTEN (C.). — La pasteurisation du lait en circulation continue par le procédé de la couche mince (stassanisation) (*Le Lait*, 1930, X, p. 241).
- COLLUMBIEN (G.). — Pasteurisation du lait à l'électricité (*Le Lait*, 1924, IV, p. 170).

- Conférence Nationale sur la Pasteurisation du lait à Londres
(*Le Lait*, 1926, pp. 567, 679, 424, 913), (*Le Lait*, 1929,
pp. 197, 315, 416, 670, 784).
- Le Congrès international de Laiterie de Copenhague, 1931,
publié par le *Danish Publishing Office, Copenhagen*.
- CORBLIN (H.). — La pasteurisation tubulaire intégrale (*Le Lait*,
1931, XI, p. 21).
- DAHLBERG (A. C.). — Le refroidissement, facteur de la produc-
tion hygiénique du lait (*Agricultural Engineering*,
n° 12, 1930, p. 409).
- DORNIC (P.). — *Le contrôle pratique et industriel du lait*. (J.-
B. Baillièrre et Fils).
- DUQUESNE (Ch.), NEYRYNCK (R.), VANDEVELDE (A.). — *Le lait
pasteurisé* (Broch. publiée à Gand, en 1916, au profit des
« Gouttes de lait »).
- ECKSTEIN et SCHAD. — Fièvre typhoïde. Discussion du rôle de
l'eau et du rôle du lait (*Munch. med. Voch.*, n° 17,
25 août 1930, pp. 710-714).
- FISHER (R. A.) et BARTELETT. — Lait pasteurisé et lait cru
(*Nature*, avril 1931).
- FOUASSIER (M.). — L'expertise des laits malpropres (*Annales
des Falsifications et Fraudes*, 1927, p. 577).
- GOFTON (A.). — Tuberculose bovine et infectiosité du lait
(*The Veterinary Record*, 19 décembre 1931).
- GOLDING (J.), PERRY (V.), SILVA (S.). — Les vitamines lipo-
solubles du lait (*Bio-chemical Journal*, 1930, p. 870).
- GORINI (C.). — Acidoproteolytes et termophyles dans la pas-
teurisation du lait (*Le Lait*, 1921, XI, p. 225).
- GOWLAND et HOPKINS. — Modifications biochimiques du lait
dans la pasteurisation (*Le Lait*, 1926, p. 680).
- GRANT (F. M.) et CLEMENT (C. E.). — Petite installation pour
la pasteurisation du lait (*U. S. Depart. of Agric.*, mars
1932, p. 22).
- GRUPPNER. — Quelles sont les maladies transmises par le lait?
(*Die Med. Welt.*, n° 46, 16 novembre 1929, p. 1643).

- HÄHN (B.). — La stassanisation. Nouveau procédé du traitement thermique du lait (*Molkerei. Ztg.*, t. XLIV, n° 126, 30 octobre 1930, pp. 2346, 2348).
- HALL (W. P. S.). — Le vétérinaire comme inspecteur municipal des aliments (*The north American Veterinarian*, juillet 1931).
- HAMILL. — Notes au Pasteurization of Milk (*Reports on Public Health and Medical Subjects*, n° 17, 1923), (Ministère d'Hygiène, U. S. A.).
- HAMMER (R. W.). — Résultats bactériologiques obtenus dans la pratique, par la pasteurisation basse en chambreurs et avec la pasteurisation en bouteilles (*Iowa Agric. Exper. Station, Bulletin* n° 190, 1919).
- HARDING (H. A.) et WARD (A. R.). — The bacterial floral of pasteurized milk (*Journ. Bact.*, 1929, n° 18, pp. 35-36).
- Observations sur l'action des bactéries thermophiles dans le lait pasteurisé (*Intern. Assoc. of Dairy Milk Inspectors. Ann. Rep.*, 24 octobre 1930, p. 135).
- HARDING (H. A.). — Action de la température de pasteurisation sur la montée de la crème du lait (*Illinois Agric. Exper. Station, Bull.* n° 237, 1921).
- HASTINGS (Ch.). — Quelle est la meilleure méthode de surveillance de l'approvisionnement en lait (*Le Lait*, 1926, VI, p. 455).
- HOLMQUIST (C. A.). — La pasteurisation à haute température et de faible durée (*Intern. Assoc. Dairy Milk Inspectors. Ann. Rep.*, 1931, p. 79), (*Le Lait*, 1933, I, p. 221).
- HUSSONG (R. V.) et HAMMER (B. W.). — Indices d'efficacité de la pasteurisation obtenue sur des laits des fermes isolées (*Iowa. Agric. Exp. Station, Bull.* n° 286, décembre 1931).
- IKEDA (T.). — La conservation du lait pasteurisé à température élevée (*J. Pub. Health Assoc. Japan* t. VI, n° 10, 1930, pp. 1 et 2).
- KATRANJIEFF (K.). — Nouvelles recherches sur la pasteurisation à basse température (*Le Lait*, 1930, X, p. 128).

- KERD. — Pasteurisation obligatoire à Strasbourg (*Le Lait*, 1926, p. 469).
- KILBOURNE (Ch. H.). — Pasteurisation du lait, avec quelques suggestions sur les méthodes et les appareils qui doivent être employés (*Depart. of Health of the City of New-York, Broch. n° 1*, 1912).
- Investigations concerning the changes in the cream line due to the pasteurization of milk (*Depart. of Health of the City of New-York. Rapport n° 27* de mars 1916).
 - Pasteurisation du lait : méthodes et appareils (*Le Lait*, 1926, p. 389).
- KRAUSS (W. E.). — Etudes sur la valeur nutritive du lait (*Ohio Agricultural, Experiment Station, Bull. n° 477*, mai 1931).
- Lait cru ou lait pasteurisé. Développement de l'anémie, croissance et calcification (*Ohio Agri. Expt. Sta., Bi monthly Bull.*, t. CLIV, 1932, pp. 3-6).
- LADANAY (D.). — Une méthode chimique pour l'identification du lait pasteurisé, bouilli ou stérilisé (*Bull. de la Soc. Chim. Roy. de Yougoslavie*, t. II, 1931, pp. 57-59).
- LAXA (O.). — Quelques remarques sur le stérilisateur Nielsen (*Le Lait*, 1930, X, p. 122).
- LESNÉ (M. F.) et DREYFUS-SEE (M^{lle}). — Le lait agent pathogène (*Revue de Pathologie Comparée*, janvier 1932, pp. 17-18).
- LIND (C.). — Le contrôle et l'approvisionnement en lait aux Etats-Unis (*Le Lait*, 1923, III, p. 646).
- LOTH (R.). — Les malpropretés visibles du lait. Leur examen microscopique (*Le Lait*, juin 1930, p. 655, septembre-octobre 1930).
- MACHENS (A.). — Résultats d'essais du lait pasteurisé à basse température à la laiterie de Brunswick (*Le Lait*, 1929, IX, p. 443).
- MAGALLON. — Fièvre ondulante d'origine bovine dans l'Isère (*Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Lyon 1932).

- MANDRÈS (A. H.). — Le lait demi-écrémé à Bordeaux (*Le Lait*, 1933, I, p. 123).
- MATHIEU (R.) et LEROY (E.). — Etudes récentes sur la vitamine B et l'avitaminose correspondante chez les nourrissons (*Journal des Praticiens*, 1931, n° 24, p. 385).
- MATSCHKE. — L'importance du lait dans la transmission des maladies contagieuses de l'homme (*Deutsche tierärztliche Wochenschrift*, 5 février 1927).
- MATTICK, BRISTOL et GOLDING. — Valeur relative du lait cru et du lait chauffé dans l'alimentation (*The Lancet*, 21 mars 1931, p. 662).
- MATTICK et HALETT (H. S.). — L'influence des ustensiles non stériles sur le lait propre (*The Milk Industry*, février 1923).
- MEANWELL (J. L.). — Effet de la pasteurisation sur le bacille tuberculeux dans le lait (*Journal of Hygiene*, t. XXVI, octobre 1927).
- MELVIN (A. D.). — Sur le contrôle public de la production, de la distribution, et de la vente du lait, en vue de la santé publique (*Rapport au X^e Congrès International Vétérinaire de Londres*, 1914).
- MENTON et STEELE-BODGER. — La pasteurisation est-elle nécessaire pour l'amélioration du lait (*The Veterinary Record*, 22 mars 1930).
- MINETT. — Le lait comme agent pathogène (*Revue de Pathologie comparée*, janvier 1932).
- MOORE (V. A.). — La responsabilité des vétérinaires dans la production d'un lait sain (*The Cornell Veterinarian*, n° 2, avril 1931).
- MORHARDT (P. F.). — Contrôle hygiénique du lait (*Revue de Pathologie comparée*, octobre 1933, p. 1170).
- MIURA MASATARO. — La teneur en vitamine C du lait pasteurisé commercialement. Pouvoir antiscorbutique du lait de vache cru et les effets du chauffage (*Bull. Inst. Phys. Chem. Research. Japan*, n° 8, 1929, p. 02), (*An. in Bull. de la Société d'Hygiène Alim.*, vol. 19, n. 3, 1931).

- MUNDINGER. — Examen du lait pour déterminer s'il a été chauffé (*Molkerei Ztg.*, t. XLIII, n° 151, 31 décembre 1929, p. 2814), (*An. in Chimie et Industrie*, volume 23, n° 6, juin 1930).
- MURRAY, MC. NUTT et PURVIN. — L'effet de la pasteurisation sur *Brucella Melitensis* (*Journal of the American Veterinary Medical Assoc.*, mars 1932, pp. 336-342), (*An. in Bull. de l'Off. int. des Epizooties*, t. VI, 1932, pp. 344-345).
- NEVOT (A.). — Les méthodes de contrôle hygiénique des laits (*Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Paris 1930).
- L'approvisionnement de Paris en lait : nécessité d'un contrôle hygiénique ; ses méthodes. Recherche du colibacille dans le lait (*Le Lait*, janvier 1933, p. 111).
- NICHOLAS (E.). — Refrigération dans des installations laitières de ferme (*Refrig. Engineering*, décembre 1931, p. 379).
- NORTH (E.). — La méthode de pasteurisation du lait par chambre (*Ext. de Engineering News*, 12 mai 1910).
- OLDENBUSCH, FROBISCHER et SCHROEDER. — Destruction des bactéries pathogènes dans la crème (*American Journal Public Health*, 1930, p. 615).
- ORLA-JENSEN. — Recherches sur les laits chauffés (*Volume Jubilaire du Professeur Charles Porcher*, p. 471).
- Pasteurisation du lait (*Le Lait*, 1921, I, pp. 105 à 112, pp. 177 à 183).
- Facteurs physico-chimiques influençant la montée de la crème (*Journal of Dairy Science*, 1926, IX, pp. 1-14 et 171-191).
- Sur l'approvisionnement des grandes villes en lait (*Le Lait*, 1924, IV, p. 266).
- Recherches sur la pasteurisation basse du lait. Une nouvelle réaction pour contrôler la température de chauffage (*Le Lait*, 1929, IX, p. 622).
- *Dairy Bacteriology* (édition 1931), J. et A. Churchill, édit., Londres.

- OSTERTAG (von R.). — L'inspection vétérinaire du lait (*The Veterinary Record*, n° 35, 29 août 1931).
- PEGREFFI (G.). — Sull'igiene del Latte (*Stamperia della Libreria italiana e straniera Sassari*, 1931).
- PORCHER (Charles). — Réflexions sur la pasteurisation (*Le Lait*, janvier 1933, p. 3).
- « Réhabilitons le lait cru » (*Le Lait*, janvier 1933, p. 237).
 - La pasteurisation obligatoire du lait à Strasbourg (*Le Lait*, janvier 1933, p. 230).
 - La disposition des appareils et des locaux dans la pasteurisation basse (*Le Lait*, 1926, VI, p. 412).
 - A propos de l'article précédent (*Le Lait*, 1933, janvier p. 134).
 - Hygiène du lait (*Rapport présenté à la Société de Médecine publique et d'Hygiène sanitaire*, 1911).
- PORCHER (Ch.), BIRBIS et MOREL. — Approvisionnement de Lyon en lait (*Revue de la Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire et de l'Alimentation actuelle de l'homme*, Masson et Cie, 1907).
- PORCHER (Ch.) et TAPERNOUX (A.). — Maladies d'origine animale transmissibles à l'homme par le lait (*Revue de Pathologie comparée*, janvier 1932). —
- PRAUSNITZ. — Infection de l'homme par bactérium abortus. Danger de contamination par le lait : moyens de l'éviter (*Die Med. Wiertel*, n° 46, 16 novembre 1929, p. 1648).
- PRICKET (P.-S.) et BREED (R.). — Bactéries continuant à vivre et se développant au cours de la pasteurisation du lait et leurs rapports avec les tumeurs bactériennes déterminées (*New-York Statss Agricultural Experiment Station*, Bu'l. n° 571, août 1929, p. 25).
- RAISTRICK (H.). — Pasteurisation du lait (*J. Soc. Chem. Ind.*, t. LI, 29 janvier 1932, pp. 88 à 92).
- RANDOIN (M^{me} L.) et SIMONNET (H.). — Régime alimentaire, lumière et valeur biologique du lait (*Bull. Soc. Hyg. Alimentaire*, 1926, p. 217).

Huitième Rapport de la Laiterie d'essais de l'Etat à Hilleröd (Danemark). Le traitement du lait par la chaleur (*Le Lait*, 1930, X, pp. 382 et 493).

RENNES (J.). — *La question du Lait*.

— *Production, commerce et contrôle hygiénique du lait*.

— *Le lait loyal et le lait en dehors du commerce*.

ROELAND. — Faut-il faire bouillir le lait (*Revue de Pathologie comparée et d'Hygiène générale*, 5 et 20 septembre 1927).

— Réhabilitons le lait cru (*Gazette médicale des Hôpitaux*, 15 juin 1932).

ROEMMELE (O.) et STOCKER (W.). — Recherches sur les causes de « l'huilage » du lait en bouteilles, pasteurisé à haute température (*Zeitschrift für Fleisch und Milchhygiene*, 42^e année, 1932, p. 440).

ROGERS (L.-A.) et FRAZIER (W.-C.). — Significance of thermophilie bacteria in pasteurized milk (*Amer. Journ. Pub. Health*, 1930, n° 20, pp. 815-819).

ROSENAU (M.-J.). — La pasteurisation. Ses avantages et ses inconvénients (*U. S. Depart. of Agric. Bur. of Anim. Ind. Cir.*, 153, 1910).

ROSSI (P.). — Transmission de la tuberculose alimentaire par le lait et ses sous-produits (*Thèse de Doctorat vétérinaire*, Lyon, 1928).

RUEHLE (G.). — Une brève description des procédés employés dans la pasteurisation du lait (*Michigan Agric. Exper. Station. The Quaterly Bulletin*, février 1925).

SCHERN (Kurt). — *Capitulos seleccionados sobre higiene moderna de la leche* (Editée à l'occasion du Centenaire de la fondation de la République de l'Uruguay, Montevideo, 1930).

SCHWARTZE, MURPHY et COX. — L'effet de la pasteurisation en présence de certains métaux sur la teneur en vitamine C du lait (*The Journal of Nutrition*, vol. IV, n° 2, juillet 1931, pp. 211 à 226).

- SCOTT (E.) et ERF (L.-A.). — Action de l'alimentation du bétail et de la pasteurisation sur la valeur nutritive du lait)*International. Assoc. Dairy Milk Inspectors. An. Report.*, 1931, p. 119).
- SEELEMAN. — Sur la question de la destruction des bacilles tuberculeux, typhiques et paratyphiques et des streptocoques de la mammite, par quelques procédés de chauffage actuellement employés (*Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, t. XXXV, 1927, pp. 765-770).
- SLYKE (van L.-L.) et KEELER (R.-F.). — L'acide carbonique comme base de distinction du lait cru et du lait chauffé (*New-York Agri. Exper. Station. Bull. techn.*, n° 78, mars 1920).
- STASSANO (H.). — De la conservation et de l'assainissement du lait (*Le Lait*, 1926, VI, pp. 300, 533, 608, 861).
- Les appareils de stassanisation à plaques (*Le Lait*, 1931, XI, pp. 124 et 244).
 - Les belles installations en Laiterie. L'usine de la Société Ofco (*Le Lait*, 1931, XI, p. 102).
 - Des critères dont on devrait s'inspirer et des méthodes que l'on devrait suivre dans l'appréciation d'un procédé de pasteurisation du lait (*Le Lait*, 1933, I, p. 85)..
 - De la stérilisation des liquides par la chaleur en couche mince (*Le Lait*, 1933, I, p. 192).
- STASSANO (H.) et ROLLET (A.-P.). — Des avantages de la filtration sur le nettoyage mécanique au moyen d'essoreuses centrifuges (*Le Lait*, 1929, IX, p. 831).
- SWAVING. — Sur la garantie de la pureté des produits laitiers hollandais offerte par les stations de contrôle sous la haute surveillance de l'Etat et sur l'art. 3 du projet de loi français relatif à la protection des produits laitiers, 1932 (La Haye, août 1932).
- SVEND et KOCH (O.). — Stérilisation des bouteilles de lait (*Maondsskrift for Dyrlaeger*, 1^{er} août 1930, p. 231).

- TAYLOR (R.-M.) et HAZEMAN (R.). — Recherches épidémiologiques sur la fièvre ondulante en France (*Revue d'Hygiène et de médecine préventive*, t. LIV, n° 7, juillet 1932).
- THOM (Ch.) et AYERS (S.-H.). — Effet de la pasteurisation sur les spores des moisissures (*Journal of Agr. Research.*, 1916, n° 6, p. 153).
- Travail de l'Institut prussien des laiteries de Kiel. — Prüfungen an Hoch und Momenterhitzern (*Milchwirtschaftlichen Zeitung*, Berlin, SW 48, 1932).
- TRON (G.). — Le contrôle du lait à Milan (*An. in Bull. de l'Off. intern. d'Hygiène publique*, t. XXIII, n° 12, décembre 1932).
- VAUGHAM (H.-F.) et PALMER (R.). — Jusqu'à quelles limites convient-il d'encourager la pasteurisation (*Int. Assoc. Dairy. Milk Inspectors. An. Report.*, 1931, p. 137).
- VAILLANT (M.-F.). — La pasteurisation à basse température (*Le Lait*, 1924, IV, p. 89).
- VASSILEFF (Th.). — Recherche et numération du coli-bacille dans le lait par la méthode du rouge neutre (*Lait* 1932, mars, p. 181; avril, p. 318).
- WASHBURN (R.-M.). — Tout lait destiné à la consommation publique devrait-il être pasteurisé, et si oui, pourquoi ? (*Le Lait*, 1933, I, p. 179).
- YALE (R.-W.) et BREED (R.-S.). — Le contrôle des bactéries thermophiles dans la pasteurisation (*American Journal Public Health*, n° 11, novembre 1930, p. 1192).
- Relation existant entre la température élevée, la pasteurisation de courte durée et le nombre des thermophiles existant dans le lait (*Intern. Assoc. Dairy Milk Inspectors. An. Report*, 1931, p. 101).
- ZELLER (H.). — Nouvelles expériences de pasteurisation du lait dans les appareils modernes particulièrement sur l'action de ce procédé pour la destruction des virus des maladies du lait (*Reichs. Gesundheitsblatt*, n° 11, 13 mars 1929, pp. 219 à 223).

TABLE DES MATIÈRES

I. — AVANT-PROPOS.....	9
II. — INTRODUCTION.....	11
III. — HISTORIQUE.....	17
IV. — DÉFINITION ET BUT DE LA PASTEURISATION.....	21
V. — TEMPS DE LA PASTEURISATION.....	25
A. Avant le chauffage. — Choisir.....	26
Filtrer.....	29
B. Le chauffage. — Pasteurisation Haute.....	37
Pasteurisation Basse.....	41
Pasteurisation de courte durée à température élevée.....	51
C. Après le chauffage. — Réfrigération.....	63
Hygiène	66
Mise en bouteille.....	68
VI. — DES CRITÉRIUMS D'APPRÉCIATION D'UN PROCÉDÉ DE PASTEURISATION	75
VII. — NÉCESSITÉ DE LA PASTEURISATION.....	91
VIII. — LAIT CUIT, LAIT CRU.....	115
IX. — LÉGISLATIONS, PASTEURISATION OBLIGATOIRE.....	121
X. — CONCLUSIONS.....	133
BIBLIOGRAPHIE	135



BOSC FRÈRES, M. & L. RIOU

00 00 **IMPRIMEURS - ÉDITEURS** 00 00

00 **42, QUAI GAILLETON, 42** 00

00 00 00 00 **LYON** 00 00 00 00



